

Aus der Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung  
Lehrstuhl für Innere Medizin und Chirurgie der Wiederkäuer: Prof. Dr. W. Klee  
der Ludwig-Maximilians-Universität München

# Validierung einer nichtinvasiven Methode für die Blutdruckmessung beim Kalb

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde  
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität  
München

von  
Rebecca Nadine Kuckenberg  
aus Solingen  
München 2008

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät  
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Dekan:	Univ.-Prof. Dr. Braun
Berichterstatter:	Univ.-Prof. Dr. Klee
Korreferent/en:	Univ.-Prof. Dr. Köstlin

Tag der Promotion: 8. Februar 2008

Dankbarkeit ist die höchste Weisheit,  
denn es ist die Weisheit der Demut

(Walter Gerd Bauer)

In Dankbarkeit  
für meine Eltern

<h1>Inhaltsverzeichnis</h1>
-----------------------------

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Literaturübersicht</b>	<b>6</b>
2.1	Hämodynamische Grundlagen des Blutdrucks	6
2.2	Faktoren, die den Blutdruck beeinflussen	6
2.3	Methoden der Blutdruckmessung	7
2.3.1	Allgemeines	7
2.3.2	Direkte Blutdruckmessung	7
2.3.3	Indirekte Blutdruckmessung	8
2.3.3.1	Palpatorische Methode	8
2.3.3.2	Auskultatorische Methode	8
2.3.3.3	Ultraschall-Doppler Methode	9
2.3.3.4	Oszillometrische Methode	10
2.4	Blutdruckmessung beim Rind	11
2.4.1	Direkte Blutdruckmessung	11
2.4.2	Indirekte Blutdruckmessung	17
2.4.2.1	Palpatorische Methode	17
2.4.2.2	Auskultatorische Methode	18
2.4.2.3	Ultraschall-Doppler Methode	19
2.4.2.4	Oszillometrische Methode	19
2.5	Vergleichende Blutdruckmessungen bei anderen Tierarten	21
<b>3</b>	<b>Eigene Untersuchungen</b>	<b>25</b>
3.1	Ziel der Untersuchungen	25
3.2	Probanden, Material und Methoden	25
3.2.1	Tiere	25

3.2.2	Geräte	25
3.2.2.1	Oszillometrisches Gerät	25
3.2.2.2	Katheter-Tip-Manometer	26
3.2.3	Methoden	27
3.2.3.1	Versuchsaufbau	27
3.2.3.2	Versuchsvorbereitungen	27
3.2.3.3	Durchführung der indirekten Messung	28
3.2.3.4	Durchführung der direkten Messung	32
3.2.3.5	Untersuchte Parameter	34
3.2.3.6	Statistische Auswertung	35
3.3	<b>Ergebnisse</b>	37
3.3.1	Indirekte Messung	37
3.3.1.1	Allgemeines und protokollierte Daten über Geschlecht, Rasse, Ernährungszustand, Art der Erkrankung, Gewicht und Alter der Tiere bei der indirekten Messung	38
3.3.1.2	Umfang der Messorte Schwanz, Vorder- und Hintergliedmaße bei der indirekten Messung	39
3.3.1.3	Dauer der Messungen und Anzahl der benötigten Messungen für den Erhalt von fünf Messergebnissen sowie Anzahl der Messungen mit Fehlermeldungen der indirekten Messungen	39
3.3.1.4	Vergleich der mittels indirektem Verfahren ermittelten systolischen und diastolischen Blutdrücke an Schwanz, Vorder- und Hintergliedmaße von Kälbern	40
3.3.1.5	Beziehung zwischen den Mittelwerten der indirekt ermittelten systolischen und diastolischen Blutdruckwerte an den unterschiedlichen Messorten und Alter, Gewicht und Umfang der Gliedmaße der Kälber	42
3.3.1.6	Unterschiede in Mittelwerten und Standardabweichung der indirekt ermittelten systolischen und diastolischen Blutdruckwerte an den unterschiedlichen Messorten nach den Variablen: Geschlecht, Ernährungszustand, Rasse, Krankheit und Manschette	43
3.3.1.7	Präzision der indirekten Messungen	44
3.3.2	Direkte Messung	45

3.3.2.1	Allgemeines und protokollierte Daten über Geschlecht, Rasse, Ernährungszustand, Art der Erkrankung, Gewicht und Alter der Tiere bei der direkten Messung	45
3.3.2.2	Umfang der Messorte Schwanz, Vorder- und Hintergliedmaße bei der direkten Messung	45
3.3.2.3	Dauer der Messungen und Anzahl der benötigten Messungen für den Erhalt von fünf Messergebnissen sowie Anzahl der Fehlermeldungen der vergleichenden Messungen	46
3.3.2.4	Gegenüberstellung der mittels direktem und indirektem Verfahren ermittelten systolischen und diastolischen Blutdrücke an den unterschiedlichen Messorten	47
3.3.2.5	Spearman-Korrelationskoeffizienten und Ergebnisse des Wilcoxon-Testes für die vergleichende direkte-indirekte Messung	50
3.3.2.6	Regressionsanalyse	53
3.3.2.7	Beurteilung der Hüllkurven des indirekten Messsystems	57
3.3.2.8	Erneute Regressionsberechnung	58
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	62
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b>	72
<b>6</b>	<b>Summary</b>	74
<b>7</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	76
<b>8</b>	<b>Tabellenverzeichnis</b>	77
<b>9</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	80
<b>10</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	84

<b>11</b>	<b>Anhang</b>	<b>90</b>
<b>12</b>	<b>Lebenslauf</b>	<b>97</b>
<b>13</b>	<b>Danksagung</b>	<b>98</b>

# **1 Einleitung**

Blutdruck, das ist der in den Blutgefäßen und den Herzkammern herrschende Druck, ist ein wertvoller Index für die Beurteilung der Kreislauftsituation. Der Blutdruck reflektiert sowohl die Einflüsse innerer als auch äußerer Faktoren und stellt somit einen wichtigen, empfindlich reagierenden physiologischen Parameter dar. Er kann wertvolle Hinweise auf das Vorliegen kreislaufbedingter Krankheiten oder einer Beeinträchtigung des Kreislaufes aufgrund anderweitiger Störungen liefern. Die Beobachtung des Blutdruckes bietet somit eine große Hilfestellung während der Narkoseüberwachung, denn eine genaue Messung des Blutdruckes während einer Narkoseüberwachung kann erheblich zu einer Erhöhung der Sicherheit beitragen. Bisher wird allgemein zur routinemäßigen Untersuchung des Kreislaufes vor allem die Auskultation des Herzens, Beurteilung der Schleimhäute und der Kapillarfüllungszeit und die Pulsqualität genutzt. Zur Reduktion der Subjektivität dieser oben genannten Punkte bietet sich die Blutdruckmessung als objektiver Parameter an. Die intravasale Blutdruckmessung liefert zwar genaue Werte, birgt jedoch auch immer ein Risiko, erfordert einen gewissen operativen Aufwand und ist für die Routinediagnostik nicht geeignet. Während bei anderen Tierarten schon sehr erfolgreich mittels oszillometrischen Methoden Blutdruck nicht-invasiv gemessen wird, hat sich dies beim Kalb noch nicht durchgesetzt.

Ziel dieser Arbeit ist es, mit Hilfe des Vergleiches direkter und indirekter Messmethoden die Richtigkeit einer unblutigen, indirekten, auf dem Prinzip der High Definition Oszillometrie (HDO) beruhenden Methode zu überprüfen. Des Weiteren soll mittels Wiederholungsmessungen die Präzision der Ergebnisse ermittelt werden. Die Anwendbarkeit soll durch Überprüfung der Akzeptanz durch das Kalb (v. a. Abwehrbewegungen), des Handlings (u. a. Befestigung der Manschette und eventuelles Verrutschen) und des Zeitaufwandes (z. B. durchschnittliche Dauer eines Messzyklus oder durchschnittliche Anzahl der Messungen bis zum Erhalt von fünf verwertbaren Ergebnissen) bewertet werden.



## **2 Literaturübersicht**

### **2.1 Hämodynamische Grundlagen des Blutdrucks**

Der Blutkreislauf ist ein in sich geschlossenes System mit parallel oder nacheinander geschalteten Blutgefäßen. Das linke und das rechte Herz als hintereinander geschaltete Pumpen erzeugen einen gerichteten Blutstrom. Der vom Herzen aufgebaute Druck wird durch den Blutstrom verteilt und fällt am Übergang vom arteriellen zum venösen System ab (von ENGELHARDT, 2000).

Die Elastizität der Arterienwand ist ein bedeutender Faktor zur Aufrechterhaltung eines physiologischen Blutdruckes. Das Blutvolumen aus dem Herzen dehnt mit Druck die Blutgefäße. Die herznahen Gefäße sind durch Einlagerungen von elastischen und kollagenen Fasern besonders dehnungsfähig. Dadurch kann ein Teil des Schlagvolumens gespeichert und so die kinetische Energie in potentielle Energie umgewandelt werden. Während der Diastole, entspannen die Fasern wieder, und die potentielle Energie wird in kinetische Energie zurückverwandelt, so dass das diskontinuierlich aus dem Herzen ausgeworfene Blut in eine mehr kontinuierliche Strömung überführt wird. Die Elastizität der Gefäßwände führt zu einer Dämpfung der Pulsation, der Strömungsgeschwindigkeit des Blutes und auch des Blutdruckes (*Windkesselfunktion*). Bei älteren Tieren sinkt die Dehnbarkeit der Aorta, daraus folgt, dass die Blutdruckamplitude höher wird (von ENGELHARDT, 2000).

Der *mittlere Druck* ist der Druck, der durchschnittlich während der Dauer eines ganzen Schlagintervalls herrscht (SPÖRRI, 1987).

### **2.2 Faktoren, die den Blutdruck beeinflussen**

Schwankungen des Blutdruckes sind physiologisch. Sie werden zum Beispiel durch die Regulationsmechanismen des Körpers ausgelöst. Jeder Herzschlag hat seinen eigenen Blutdruckwert zur Folge. EGNER (2006 b) erklärt, dass Schwankungen von 15 bis 20 mmHg in einem physiologischen Bereich liegen. Pulsfrequenz und Blutdruck können deshalb innerhalb einer Messreihe stark variieren. Durch eine Messreihe von drei bis fünf Einzelmessungen können diese Einflüsse gemindert werden. Nicht immer reagieren systolischer und diastolischer Druck gleich stark. Durch Aufregung wird der systolische Blutdruck oft stärker beeinflusst.

Stressbedingte Schwankungen können entweder auf einer Freisetzung von Katecholaminen oder auf komplexen Ursachen beruhen. In diesem Zusammenhang ist der *White-Coat-Effekt* (erregungsbedingter Anstieg des Blutdruckes beim Anblick eines weißen Kittels) von einer *unruhigen Umgebung* zu unterscheiden. EGNER et al. (2007) empfehlen, den Blutdruck erst nach einer Akklimatisationszeit (ca. fünf Minuten) und vor der klinischen Untersuchung zu messen. Plötzliche Geräusche können über eine Adrenalinausschüttung ebenfalls zu einer extremen Blutdruckerhöhung führen.

An der zentralen Kontrolle des Kreislaufes sind vor allem Neurone in der Medulla oblongata beteiligt. Die kurzfristige Blutdruckregulation, nach dem Prinzip eines Regelkreises (Pressorezeptoren, zum Beispiel im Karotissinus oder in der Wand des Aortenbogens), ist von der langfristigen Blutdruckregulation, in erster Linie mittelfristige Vorgänge, die das Blutvolumen in Relation zur Gefäßkapazität beeinflussen (zum Beispiel: ADH, Angiotensin) zu unterscheiden. Eine gute Übersicht über die an der Regulation beteiligten Vorgänge bietet Abbildung 24 (Anhang).

## **2.3 Methoden der Blutdruckmessung**

### **2.3.1 Allgemeines**

Angaben des gemessenen Blutdruckes werden in der Reihenfolge systol./ diastol. gemacht (ANON, 1998).

Man gibt die erhaltenen Werte gewöhnlich in Millimeter Quecksilbersäule (mmHg) an. „Blut ist 12,9-mal weniger dicht als Quecksilber“ ( $120 \cdot 12,9 = 1550$  mm; d. h. 120 mmHg entspricht 155 cm Blutsäule). „Um in kPa umzurechnen, muss man den mmHg-Wert mit 0,1333 multiplizieren“ (ECKERT et al., 1993).

### **2.3.2 Direkte Blutdruckmessung**

Die erste Blutdruckmessung wurde 1733 von Stephen Hales durch Einbinden einer Glasröhre in die Arteria carotis communis bei einem Pferd durchgeführt. Dabei wurde die Höhe der Blutsäule in einem Glasrohr, das mit der Arterie verbunden war, gemessen (SPÖRRI, 1987).

Man spricht von einer direkten Messung, wenn das am Messort befindliche Blut direkt mit dem Manometer in offener Verbindung steht. Das Manometer dient zur Messung und zur Registrierung des Druckes. Verschiedene Arten von Manometern sind zu unterscheiden. Früher benutzte man ein so genanntes *Gravitationsmanometer*. Dies ist ein mit Quecksilber oder Wasser gefülltes Flüssigkeitsmanometer. Des Weiteren gibt

es noch ein *Membranmanometer*, das aus einer starrwandigen Kammer mit einer dünnelastischen Platte am Ende besteht. An dem anderen Ende ist die Kanüle angeschlossen, welche im Blutgefäß liegt. Das System wird luftblasenfrei mit Salzlösung gefüllt, und die proportionale Auslenkung der Membran wird mit einem Transducer erfasst. Als letzte Alternative gibt es noch das *Katheter-Tip-Manometer*. Bei diesem System sitzt das Manometer an der Spitze des im Gefäß liegenden Katheters. Wichtig ist es, die verschiedenen Systeme vor den Messungen zu eichen (BUSSE, 1995).

### 2.3.3 Indirekte Blutdruckmessung

Allen bisher zugelassenen Messverfahren ist das Manschettenprinzip gemeinsam. Die Blutströmungen werden ausschließlich bei fallendem Manschettendruck registriert. (DEUTSCHE LIGA ZUR BEKÄMPFUNG DES HOHEN BLUTDRUCKES, 1997). Sie haben alle den Vorteil, dass sie keinen arteriellen Zugang und damit keinen operativen Eingriff benötigen.

#### 2.3.3.1 *Palpatorische Methode*

Diese Methode basiert auf Überlegungen von Riva Rocci, dass für ein Zusammendrücken der Arterie bis zu einem Sistieren der Blutströmung mindestens der gleiche Druck aufgewendet werden muss, der im Inneren des Gefäßes herrscht. Der Druck wird über eine aufblasbare Gummimanschette, deren Außenwand durch eine Auflage von Leinwand oder Ähnlichem undehnbar gemacht worden ist, aufgebaut. Der Druck kann abgelesen werden, indem man die Manschette mit einem Manometer verbindet. Die Manschette wird um eine Gliedmaße oder um den Schwanz gelegt und so lange aufgepumpt, bis distal der Manschette kein Puls mehr festzustellen ist. Die Kontrolle des Pulses geschieht mit dem Finger oder über einen elektronischen Druckwandler. Ist der Puls nicht mehr festzustellen, wird der Druck so lange abgelassen, bis der Puls wieder messbar oder fühlbar ist. Nun kann der herrschende Manschettendruck am Manometer abgelesen und als systolischer Druck festgehalten werden (SPÖRRI, 1987).

#### 2.3.3.2 *Auskultatorische Methode*

Diese Methode wird auch *Korotkoff-Methode* genannt. Je nach Druck der Manschette wird die Blutströmung im Gefäß entweder dauernd, zeitweise oder gar nicht unterbunden. Aufgrund unterschiedlicher akustischer Erscheinungen lassen sich die

verschiedenen Strömungen charakterisieren. Ist der Druck, den die Manschette ausübt, größer als der systolische Druck, fließt kein Blut durch die komprimierte Arterie, und es ist auch kein Schallphänomen zu hören. Fällt der Druck der Manschette unter den systolischen Druck, tritt in dem Moment, in welchem gerade etwas Blut durch die Arterie fließt, ein klopfendes Geräusch auf, das so genannte Korotkoff-Geräusch. Beim ersten Auftreten dieses Geräusches wird am Manometer der systolische Druck abgelesen. Bei einer weiteren Drucksenkung verstärken sich diese Geräusche zunächst. In dem Moment, in welchem der Manschettendruck unterhalb des diastolischen Druckes liegt, ist die Blutströmung kontinuierlich und die Geräusche verschwinden (SPÖRRI, 1987).

Während die Bestimmung der systolischen Werte schon lange eindeutig ist, kommt es hinsichtlich der Bestimmung der diastolischen Werte immer wieder zu Diskussionen. Einige Autoren empfehlen den Zeitpunkt des Dunklerwerdens der Geräusche (Phase 4), andere wiederum empfehlen das Verschwinden der Geräusche als optimalen Zeitpunkt. Die Art des Stethoskopes ist praktisch ohne Bedeutung für das Messergebnis (DEUTSCHE LIGA ZUR BEKÄMPFUNG DES HOHEN BLUTDRUCKES, 1997).

Die Auskultationsstelle sollte sich etwa in Herzhöhe befinden. Messfehler können bei sehr adipösen oder kachektischen Patienten auftreten, bedingt durch die Breite der Manschette. Weitere Fehlerquellen liegen in Arrhythmien oder wiederholten Messungen in schneller Folge. Die *auskultatorische Lücke* kann in letzterem Fall eintreten und drückt sich in einem Verschwinden der Töne um den Mitteldruck herum aus. Sie kommt dadurch zustande, dass die Manschette zwischen den einzelnen Messungen nicht völlig entleert wird, die Arterie sich nicht wieder vollständig ausdehnen kann und sich dadurch die Schwingungsverhältnisse ändern (WAGNER, 1985).

EGNER et al. (2007) halten die auskultatorische Methode für die Kleintiermedizin aufgrund der anatomischen Gegebenheiten als nicht anwendbar.

#### 2.3.3.3 Ultraschall-Doppler Methode

Diese Methode entspricht der Auskultationsmethode mit einer aufblasbaren Manschette, nur, dass an Stelle des Stethoskopes eine Ultraschall-Doppler-Sonde verwendet wird. Mit einem piezoelektrischen Senderkristall werden Wellen schräg zur Längsachse in das Blutgefäß gesendet und der von den Blutkörperchen rückgestreute

Schall von einem zweiten Kristall empfangen. Es werden meistens die Frequenzen vier oder acht MHz benutzt (BUSSE, 1995).

Der Bereich für die Sondenankopplung muss geschoren werden, und es ist ausreichend Ultraschallgel zu verwenden, damit eine optimale Ankopplung erreicht wird. Der Schallkopf muss senkrecht über der Arterie positioniert sein und darf das Gefäß nicht zu stark komprimieren. Der mittlere arterielle Druck und der diastolische Druck sind nicht differenzierbar. Insgesamt halten EGNER et al. (2007) das System für die Routine mit Einschränkungen geeignet.

#### 2.3.3.4 *Oszillometrische Methode*

Die Oszillometrie arbeitet nach dem Riva-Rocci-Prinzip mit einer modifizierten pneumatischen Manschette. Schwingungen der Arterienwand werden von den Weichteilen weitertransportiert und an der Oberfläche der Gliedmaße von der Manschette erfasst. Dies erklärt auch, dass ein enges Anlegen der Manschette für ein korrektes Messergebnis wichtig ist (EGNER et al., 2007).

Sinkt der Manschettendruck in den Bereich des systolischen Blutdruckes, erzeugt die anprallende Pulswelle Druckschwankungen; sie nehmen zuerst zu, ein Anzeichen für den systolischen Blutdruck und erreichen ihr Maximum beim diastolischen Blutdruck. An diesem Punkt variiert die Gefäßweite zwischen völliger Öffnung (Systole) und völligem Verschluss (Diastole). Fällt der Manschettendruck noch weiter ab, bleibt das Gefäß auch während der Diastole geöffnet, und die Pulsationen werden noch kleiner. Man benutzt also ein elastisches Manometer, um die pulsierenden Druckschwankungen der Arterie, die sich auf die Manschette übertragen, messbar zu machen. Da bei dieser Methode der Signalaufnehmer in der Manschette selber ist, benötigt man keine zusätzlichen Gerätschaften, wie zum Beispiel einen externen Transducer (SPÖRRI, 1987).

Bei neueren Geräten ist der Signalaufnehmer nicht mehr in die Manschette integriert, so dass ein Anlegen der Manschette leichter wird. Des Weiteren wird der mittlere arterielle Druck als Maximum der Pulswelle gesehen und nicht mehr der diastolische Druck (EGNER et al., 2007).

ERHARDT und HENKE (2004) stellen fest, dass die Geräte (z. B. Memoprint<sup>®</sup>, Firma R. & B., Babenhausen) in physiologischen Blutdruckbereichen recht zuverlässig messen.

Da Muskelkontraktionen ebenfalls zu Oszillationen führen und es so zu Artefakten kommen kann, ist ein Be- und Entlasten der Gliedmaße zu vermeiden (EGNER et al., 2007).

EGNER (2006 a) erläutert in ihrem Artikel die Technologie der High Definition Oszillometrie (HDO) und die Vermeidung von Messfehlern. Die Autorin stellt fest, dass Geräte aus der Humanmedizin aufgrund einer anderen Form der Druckwellenamplitude grundsätzlich für die Anwendung in der Veterinärmedizin nicht geeignet sind. HDO ist im Gegensatz zur herkömmlichen Oszillometrie eine hochauflösende Technik, die im Mikrosekundentakt Druckbereiche analysiert und sehr präzise Pulserkennung bietet. Durch die Anwendung eines spezifischen Algorithmus können Artefakte und Pulsamplitude unterschieden werden. Es wird empfohlen bei Anwendung der HDO-Technologie das Gerät über ein USB-Kabel an einen PC anzuschließen, damit auf dem Bildschirm eine optische Unterscheidung von Druckamplitude und Artefakt getroffen werden kann. Des Weiteren können Informationen wie zum Beispiel Arrhythmien und Schwankungen in der Herzauswurfleistung visuell dargestellt werden und in die Gesamtbeurteilung eines Patienten einfließen. Eine Person soll mit der Messung vertraut gemacht werden. Diese soll sich nur auf die Messung und das Tier konzentrieren. Die Messung soll immer nach einem festen Schema ablaufen:

- a) das Tier ansprechen und mit dem Gerät vertraut machen
- b) entspannte Position des Tieres (Messposition auf Herzhöhe +/- 10 cm)
- c) Manschette immer an der gleichen Stelle anlegen, fest aber nicht zu fest
- d) immer drei Messungen (Schwankungen bis 20 mmHg) oder fünf Messungen (Schwankungen > 20 mmHg) durchführen und den Durchschnitt aus allen Einzelmessungen beurteilen.

## **2.4 Blutdruckmessung beim Rind**

### **2.4.1 Direkte Blutdruckmessung**

Es gibt beim Rind viele verschiedene Wahlmöglichkeiten für den arteriellen Zugang. BECKER (1977) wählt beim Rind als Methode des arteriellen Zuganges die Katheterisierung der A. temporalis superficialis. Unter zu Hilfenahme einer Leitungsanästhesie der Nn. auriculopalpebralis et cornualis beschreibt er den nötigen Eingriff unter sterilen Bedingungen sowohl am stehenden als auch am liegenden Tier als einfach. Als Vorteile hebt er die Verringerung der Infektionsgefahr sowie des

Thromboserisikos durch Reduktion des Hin- und Hergleitens des Katheters gegenüber der Katheterisierung der A. carotis communis oder der Schwanzarterie hervor.

Eine weitere Möglichkeit besteht im Zugang über die Ohrarterie, Arteria auricularis. SEMRAD et al. (1986) messen den arteriellen Blutdruck an dieser Arterie. In ihrer Studie geht es um Hypertonie während der Anästhesie. Als Versuchstiere dienen vier Holstein-Bullen, drei Holstein-Ochsen und ein Guernsey-Bulle. Die A. auricularis wird mit einem Katheter (18 G) katheterisiert und mit einem Transducer verbunden. Bei diesen Messungen wird der Processus spinosus des ersten Brustwirbels als Nullpunkt gewählt. Sie machen die Beobachtung, dass sich der Blutdruck während der Intubation signifikant erhöht. Es kommt jedoch schon während der Seitenlage der noch nicht anästhetisierten Tiere zu einer Erhöhung des Blutdruckes. Die Autoren vermuten, dass eine Aktivierung des Sympathikus für die Erhöhung verantwortlich ist. Warum diese Hypertonie während der Narkose erhalten bleibt, können sie allerdings nicht begründen.

MÜLLER und GOETZE (1987) punktieren mittels Seldingertechnik bei 20 Schwarzbunten Kühen den Ramus intermedius medialis der A. auricularis caudalis, der auf dem Scheitel des Ohrrückens verläuft. Dabei wird die Arterie zuerst peripher komprimiert, mit einer Einführungskanüle punktiert und ein Spiraldraht über die Kanüle in die Arterie vorgeschoben. Nach diesem Arbeitsschritt wird das Gefäß proximal der Punktionsstelle komprimiert und die Kanüle entfernt. Nun wird die Haut an der Punktionsstelle mit einem Skalpell eröffnet und ein Katheter (Größe 0.5/G 18) über den Spiraldraht in das Gefäß eingeführt. Dieser wird mit einer heparinisierten Kochsalzlösung gespült und mit einem Mandrin verschlossen. Für einen sicheren Halt vernäht man die Braunüle noch mit der Haut. Der Katheter wird über ein luftblasenfreies System sowohl mit einem Transducer als auch mit einem Manometer verbunden. Dieses Manometer wird zur Registrierung des Blutdruckes mit einem Einkanalschreiber gekoppelt. Sie setzen die Höhe des Olecranon mit der Herzbasis gleich. Als Mittelwerte von insgesamt 20 Messungen finden sie beim Mitteldruck 77 mmHg, beim systolischen Druck 103 mmHg und beim diastolischen Druck 62 mmHg. WAGNER et al. (1991) untersuchen den Effekt verschiedener Positionen (stehend, rechte und linke Seitenlage sowie Rückenlage) auf das Herzkreislaufgeschehen bei neun 3 bis 9 Jahre alten Holstein-Kühen, ohne jeglichen Einfluss von Beruhigungsmitteln. Der Blutdruck wird mit einem Katheter (hier: 17 G), der in die Ohrarterie eingeführt und mit heparinisierte Salzlösung (1000 Einheiten Heparin auf

500 ml einer 0,9 %-igen NaCl-Lösung) gespült wird, ermittelt. Das Thromboserisiko soll mit dieser Spülung minimiert werden. Die Kühe werden in jede der vier Positionen verbracht und circa 30 Minuten so belassen. Während dieser Zeit wird der Blutdruck kontinuierlich gemessen. Bei dem Vergleich der so erhaltenen Werte können keine großen Veränderungen des mittleren Blutdruckes festgestellt werden.

GREENE et al. (2002) untersuchen sechs gesunde 8 bis 12 Wochen alte Holstein-Kälber unter Einfluss einer Sevoflurannarkose. Auch sie nutzen die A. auricularis zur Messung des arteriellen Blutdruckes. Der Blutdruck erniedrigt sich innerhalb der ersten 45 Minuten der Narkose unter dem Einfluss von Sevofluran. Die Anfangswerte sind 129/97 mmHg, innerhalb der 45 Minuten 110/70 mmHg, und steigen am Ende dieser Zeitspanne wieder auf 117/79 mmHg an.

KLÖPZIG berichtet 1990 über eine Methode zur arteriellen Blutdruckmessung beim ruhig stehenden Rind via A. caudalis mediana. Er untersucht zehn laktierende Rinder, die er durch eine tiefe kokzygeale Extradural-Anästhesie örtlich betäubt. Die Lage des Gefäßes beschreibt er folgendermaßen: „Der 4. bis 7. Schwanzwirbel besitzt bei Rindern paarige Hämalfortsätze (Proc. haemalis), die dort offene Gefäßrinnen bilden (Sulci vasculosus). In diesen knöchernen Rinnen liegt die A. caudalis mediana neben der ihr zugehörigen Vene, sonst ventral bei ihr“. Er empfiehlt, möglichst weit distal zu beginnen, damit man bei einem Fehlversuch proximal noch Möglichkeiten hat. Die ventrale Fläche des Schwanzes wird antiseptisch vorbereitet und das Gefäß vorsichtig frei präpariert. In das so vorbereitete Gefäß werden Katheter (Polyäthylenschläuche unterschiedlicher Länge und Lumina) proximal vorgeschoben. Der Druckmesswandler wird in einer Schatulle in Buggelenkshöhe befestigt. Das System wird, wie bei anderen Versuchen, mit heparinisierter Kochsalzlösung gefüllt. Er empfiehlt, möglichst kurze, feste und weitlumige Schläuche zu verwenden, um die Trägheitsgröße des Systems zu verringern. Allerdings stellt er fest, dass die Punktion der Schwanzarterie nicht sehr sicher ist und nur sehr dünne Kanülen eingeschoben werden können. Die gefundenen Werte sind nach Angaben des Autors geringgradig niedriger als solche von herznahen Messungen aus der Vergangenheit. Wesentlich veränderte Ergebnisse ergeben sich erst, wenn die Mündung des Katheters nur wenige Zentimeter im Gefäß liegt, da sich dann die Blutkurvencharakteristik verändert. Im Allgemeinen schätzt der Autor diese Messung als leicht handhabbar und für Kurzzeitmessungen geeignet ein.



DOYLE et al. (1960) beurteilen den Einfluss von Umgebung und Geräuschen (Brüllen einer Kuh) auf 12 weibliche Kühe. Die A. carotis wird im mittleren Drittel punktiert. Der Transducer wird bei vier Tieren auf gefühltem Herzlevel platziert und bei den restlichen Tieren auf Höhe des Olecranon. Die Autoren weisen daraufhin, dass nur weibliche Tiere untersucht wurden, dass aber aufgrund ähnlicher Studien an anderen Säugetieren keine großen geschlechtspezifischen Unterschiede zu erwarten sind. Sie stellen einen mittleren Blutdruck von 135 mmHg fest. Die Unterschiede zwischen den Werten von Mensch und Kuh erklären sie mit einem größeren vertikalen Herz-Gehirn Abstand und behaupten, dass man in diesem Vergleich die Kuh als „kleine Giraffe“ bezeichnen kann. Es wird ein Abfall des Blutdruckes festgestellt, je weniger Leute im Raum sind und je weniger an den Tieren manipuliert wird. Bei einem Sistieren der Geräusche können keine Änderungen des Blutdruckes festgestellt werden.

KUIDA et al. (1961) berichten über Herzkreislaufuntersuchungen an 15 gesunden, unseidierten Rindern im Alter zwischen einem und zwölf Monaten. Zur Messung wird die linke A. carotis verwendet. Die Tiere befinden sich in Seitenlage und als Nullpunkt wird das Sternum herangezogen. Der Wert des mittleren Blutdruckes wird von den Autoren mit  $131 \pm 4$  bis 5 mmHg (Standardabweichung) angegeben.

INGRAM und WHITTOW studieren 1963 bei sieben acht bis zwölf Monate alten Ayrshire-Rindern Blutdruckveränderungen während lokalisierter Infrarotbestrahlung, Erwärmung der Hypothalamusregion und verschiedenen Umgebungstemperaturen. Die linke A. carotis communis wird mit einem Katheter punktiert. Der Katheter wird an einen auf Herzhöhe befestigten Statham P23 Db Transducer angeschlossen. Die Autoren stellen einen Anstieg des Blutdruckes bei Erhöhung der Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit, bei lokaler Erwärmung der Hypothalamusregion und bei Infrarotbestrahlung der Haut fest. In einer kalten Umgebung (-5 °C, trocken) wird ein spontaner Anstieg der Hauttemperatur der Ohren beobachtet, verbunden mit einem auffallenden Anstieg des Blutdruckes.

In einer Studie ermitteln OLSEN und BOOTH (1971) Normalwerte des Blutdruckes in einer kontrollierten Umgebung. Dazu nutzen sie zwölf weibliche, nichtlaktierende, nicht tragende Holstein-Friesian Kühe zwischen zwei und fünf Jahren. Der Katheter kommt in der A. carotis zu liegen, und der Transducer wird auf dem Rücken befestigt. Während der kontinuierlichen Messung stehen die Kühe ruhig mit erhobenem Kopf. Es wird darauf hingewiesen, dass Blut, welches in den Katheter eintritt, den systolischen Druck senken kann. Auch die Länge des Katheters kann den systolischen

Druck beeinflussen. Die ermittelten Werte des systolischen Druckes (100 bis 140 mmHg) und des diastolischen Druckes (50 bis 85 mmHg) werden nicht auf Herzhöhe korrigiert. In dieser Studie finden die Autoren deutliche Schwankungen der Tageswerte der einzelnen Kühe.

THIELSCHER et al. (1980) berichten über die Möglichkeit der telemetrischen Übertragung und fortlaufenden Registrierung des Blutdruckes bei Mastbullen mit Hilfe dauerhaft implantierbarer intravasaler Druckwandler. Es wird ein Mikro-Tip™-Druckkatheter mit seitenständigem Sensor verwendet. Die Eichung erfolgt über ein Quecksilbermanometer. Als Implantationsort wird der Truncus bicaroticus oder die A. brachiocephalicus gewählt. Dazu wird die A. carotis communis operativ am Übergang vom mittleren zum unteren Drittel freigelegt und punktiert. Nach der Platzierung des Sensors wird dessen anderes Ende mittels eines Spezialtrokars subkutan verlegt, auf Höhe des Angulus cervicalis superficialis an die Oberfläche geführt und an eine Sendeeinheit angeschlossen. Diese wird mittels einer speziell angefertigten Leinenabdeckung inklusive Tragetaschen am Tier befestigt, so dass eine Blutdrucküberwachung am unbeeinflussten Tier stattfinden kann. Bei den Ergebnissen fallen besonders erhöhte Werte während des Liegens (Durchschnittswerte: 149 gegenüber Werten von 91 im Stehen) auf. Dieser Befund wird auf Erhöhung des intrathorakalen Drucks, hervorgerufen durch eine mechanische Verlagerung der Vormägen in Richtung Zwerchfell, zurückgeführt. Es kann jedoch keine Auswirkung auf die Blutdruckmessung in Abhängigkeit von der rechten oder linken Seitenlage festgestellt werden.

KUHLMANN et al. (1985) führen respiratorische, kardiovaskuläre und metabolische Untersuchungen an sechs Kälbern der Rasse Hereford durch, um eine Aussage über die Belastbarkeit treffen zu können. Die Trainingsphase, in welcher sich die Kälber an die Tretmühle und die körperliche Belastung gewöhnen können, dauert 14 Tage. Der Versuchsaufbau sieht Messungen in Belastung und in Ruhe vor. Eine Messperiode dauert fünf Minuten, und es gibt vier Geschwindigkeitsstufen. Zur Bestimmung des arteriellen Blutdruckes wird unter Lokalanästhesie ein 50 cm langer Teflonkatheter in die absteigende Aorta eingeführt. Der Transducer wird auf Höhe des Olecranon platziert. Der mittlere arterielle Blutdruck bleibt bei den beiden unteren Geschwindigkeitsstufen beinahe unverändert. Zu einem signifikanten Anstieg kommt es jedoch bei den beiden oberen Geschwindigkeitsstufen.

AMORY et al. (1992) informieren über die technischen und methodischen Voraussetzungen für die Durchführung aussagekräftiger und reproduzierbarer, hämodynamischer Messungen an nicht sedierten Kälbern. Für diese Untersuchung stehen ihnen 21 gesunde Rinder im Alter von 5,5 bis 12 Monaten zur Verfügung. Unter Lokalanästhesie wird mittels Seldingertechnik ein arterieller Katheter perkutan in die zuvor unter die Haut verlegte rechte A. carotis eingelegt. Der angeschlossenen Transducer wird kalibriert und der Nullpunkt in Höhe des Buggelenks festgesetzt. Während der Messungen wird auf eine physiologische Körperhaltung der Rinder geachtet und generell nur gemessen, wenn sich die Tiere in Ruhe befinden. Als Referenzpunkt hierfür dient eine Herzfrequenz unter 110 Schlägen pro Minute. Die Autoren weisen darauf hin, dass äußere Einflüsse für korrekte Ergebnisse sehr gering gehalten werden müssen.

AMORY et al. untersuchen 1993 die Veränderungen am Kreislaufsystem induziert durch das Wachstum an 41 männlichen, gesunden Holstein-Friesian Kälbern. Einer der untersuchten Parameter ist der Blutdruck. Die Messung erfolgt an der rechten A. carotis communis in der mittleren Halsregion. Das Gefäß wird zur Vorbereitung der Messung unter die Haut verlegt und mittels Seldingertechnik punktiert. Der Transducer wird kalibriert und auf Höhe des Buggelenks angebracht. In der Studie stellen die Autoren einen signifikanten Anstieg des systolischen, diastolischen und mittleren Blutdruckes mit steigendem Körpergewicht im ersten Lebensjahr fest.

HECKERT et al. (1999) ermitteln den arteriellen Blutdruck bei drei bis sechs Monate alten Kälbern mittels Punktion und Katheterisation der A. carotis communis unter Ultraschallkontrolle. Der Eingriff erfolgt unter Anästhesie mit Xylazin. Die Punktion findet nach entsprechender Vorbereitung (scheren, rasieren, reinigen und desinfizieren) der vorgesehenen Halsseite am Übergang vom mittleren zum unteren Halsdrittel statt. Parallel zur blutigen erfolgt eine unblutige Messung mit dem DINAMAP-PLUS, Modell 8722 (Firma Criticon, Johnson & Johnson GmbH, Norderstedt). An den 40 untersuchten Kälbern ermitteln sie im Durchschnitt folgende Werte: Arterien Durchmesser:  $0,8 \pm 0,1$  cm; Arterientiefe:  $1,63 \pm 0,4$  cm; Entfernung zum kaudalen Kehlkopftrand:  $15,9 \pm 3,4$  cm. Die Autoren beschreiben diesen Eingriff als leicht. Entzündliche Reaktionen können nicht festgestellt werden. Die Nutzbarkeit der Methode ist jedoch zeitlich begrenzt, da der Katheter durch den hohen arteriellen Druck langsam aus dem Gefäß heraus massiert wird.

PICAVET et al. (2004) überprüfen den Effekt einer kombinierten Xylazin-Guaphenisin-Ketamin-(X-G-K)-Infusion mit einer extraduralen Anästhesie mit Lidocain an fünf Holstein-Friesian Kälbern im Alter von sechs Wochen. Die Kälber werden narkotisiert, in rechte Seitenlage gebracht und die linke A. carotis punktiert. Als Nullpunkt dient das Buggelenk in stehender Position oder Brustlage und das Sternum in Seitenlage. Die Messungen beginnen 12 Stunden nach der Katheterisierung. Während der X-G-K-Infusion ohne zusätzliche O<sub>2</sub>-Begasung kommt es zu einer deutlichen Abnahme des mittleren Blutdruckes. Die extradurale Anästhesie hat dagegen kaum Einfluss auf den Blutdruck.

## 2.4.2 Indirekte Blutdruckmessung

### 2.4.2.1 *Palpatorische Methode*

1912 führt BRENNER die palpatorische Blutdruckmessung bei Rindern verschiedenen Gesundheitszustandes, Alters und Geschlechtes durch. Er benutzt eine sieben bis acht cm breite Ledermanschette, die er zwei Handbreit unter dem Schwanzansatz anlegt. Zwischen den einzelnen Messungen stellt er Streuungen von 4 – 10 mmHg fest. Er ermittelt für das gesunde Rind einen Durchschnittsblutdruck von 218,33 mmHg.

Außerdem stellt er fest, dass Alter und Geschlecht den Blutdruck beeinflussen.

Weibliche Tiere haben einen durchschnittlich geringeren Blutdruck als männliche und diese wiederum einen geringeren als männlich kastrierte Tiere.

GLEN (1970) gibt eine kurze Übersicht über verschiedene Methoden der indirekten Blutdruckmessung an anästhesierten Tieren. Der verwendete Xylol-Pulsanzeiger ist für den Autor das nützlichste Gerät. Es werden zwei Manschetten verwendet. Die distale Manschette ist mit dem Xylol-Pulsanzeiger verbunden, während die proximale Manschette die Arterie komprimiert und an ein Manometer angeschlossen ist. Beim Rind werden beide Manschetten um den Schwanz gelegt. Mit einer Manschette (25 x 3,75 cm) werden Messergebnisse von 120 – 160 mmHg erzielt.

GUILLEBEAU führt 1979 bei vier Rindern mit einer 12 cm breiten Manschette eine indirekte Blutdruckmessung am Schwanz durch. Für die blutige Vergleichsmessung wird, unter Lokalanästhesie, ein Katheter in die A. temporalis superficialis eingeführt. Eine durchgeführte Epiduralanästhesie mit Lidocain soll Bewegungsartefakte verhindern. Die Werte der unblutigen Messung waren allesamt niedriger als die der blutigen Vergleichsmessung.

WERNER (1980) beschreibt in seinem Artikel die BRECHT'sche Methode. Dabei handelt es sich um eine elektronisch-palpatorische Methode, bei welcher der erste

Puls, während fallendem Kompressionsmanschettendruck, als Zeichen für den systolischen Druck mit einem mechanoelektrischen Wandler über eine elektronische Verstärkung zusammen mit dem Druckabfall auf einem EKG-Gerät registriert wird. Der Autor hält diese Methode jedoch für umständlich. Er kritisiert den apparativen Aufwand und den alleinigen Erhalt des systolischen Druckes.

#### 2.4.2.2 *Auskultatorische Methode*

1955 machen BRECHT et al. allgemeine Anmerkungen über mögliche Fehlerquellen bei der indirekten Blutdruckmessung. Dies sind zum Beispiel zu starke Kompression der Arterie mit dem Stethoskop, ein ungleichmäßiger Druckabfall in der Manschette oder eine unmittelbare Wiederholung der Messung.

GRAUWILER et al. (1958) ermitteln mit Hilfe eines Infraton-Pulsabnehmers und des Druckmarkengebers nach Brecht und Bouke den arteriellen Blutdruck. Die Ausschläge beginnen in Höhe des systolischen Druckes und erreichen ihr Maximum beim diastolischen Druck. Die A. coccygea dient als Pulsabnahmestelle. Die Manschette ist 12 cm breit. Die Werte der begleitenden blutigen Messung an der A. temporalis zeigen eine gute Übereinstimmung mit den unblutig ermittelten Werten. Die Mittelwerte, auf Herzhöhe korrigiert, betragen 129/101 mmHg. Die Autoren weisen ausdrücklich darauf hin, dass die Werte auf Herzhöhe korrigiert werden müssen. Dies machen sie nach folgendem Schema: „In Berücksichtigung des spezifischen Gewichtes Quecksilbers (136) und des Blutes (etwa 1,050 bis 1,060) beträgt die Druckdifferenz 1 mmHg je 13 mm Höhendifferenz zum Herzen.“ Sie legen die durchschnittliche Höhendifferenz zwischen Herzbasis und Schweifwurzel des erwachsenen Rindes bei 26 cm fest. Sie finden diese Methode bei allen Haussäugetieren anwendbar, wegen des hohen apparativen Aufwandes jedoch eher in Kliniken durchführbar.

Von ENGELHARDT und HAMPEL beschreiben 1962 ein Gerät zur Blutdruckmessung bei Haustieren. Sie benutzen eine aufblasbare Ringmanschette und einen distal der Manschette befestigten Infraton-Pulsabnehmer. Dieser macht über ein magisches Auge die Pulsationen sichtbar. Die Korotkoff-Geräusche können über einen angebauten Lautsprecher gehört werden. Die Autoren beurteilen die Bestimmung des diastolischen Druckes an kleinen peripheren Gefäßen als unsicher.

#### 2.4.2.3 *Ultraschall-Doppler Methode*

FÖRSTER beschreibt 1976 die Blutdruckmessung an der A. coccygea bei Kalb und Rind. Bei Kälbern wird die Manschette unmittelbar am Schwanzansatz angebracht, bei Kühen in Höhe der Vulva. Die Manschette wird 1/5 breiter als der Durchmesser des Schwanzes gewählt. Die Tiere sind an die Manipulationen gewöhnt. Er beurteilt das Gerät als robust, unempfindlich und problemlos zu handhaben, weist allerdings darauf hin, dass es in der Umgebung des Tieres ruhig sein muss. Er findet bei circa 35 Tage alten Mastkälbern einen Durchschnittswert von 121/61 mmHg.

SAWAZAKI und HIROSE (1976) untersuchen die Ultraschall-Doppler Methode an Hunden, Pferden und Rindern. Sie benutzen einen Schallkopf mit einer Frequenz von 5 MHz. Die Manschette wird an der Schwanzwurzel angelegt und die Strömung an der A. caudalis gemessen. Für Kälber werden Durchschnittswerte von 124/86 mmHg gefunden, für Kühe ein Wert von 145/99 mmHg.

1979 berichtet GUILLEBEAU, dass das Anlegen des Ultraschallkopfes und des Pulsfühlers Geduld benötigt. Die auf diese Art gemessenen Werte liegen über dem intraarteriell gemessenen Blutdruck. Des Weiteren scheint ihm diese Methode aufgrund der anatomischen Verhältnisse in der Schwanzregion ungeeignet.

WERNER (1980) kritisiert in seinem Bericht drei Methoden, unter anderem auch das Ultraschall-Doppler Prinzip. Als Nachteile nennt er hohe Kosten und laute Störgeräusche, die durch Muskelkontraktionen verursacht werden. Eine ruhige Umgebung und ein Ruhigstehen der Tiere nennt er als Grundvoraussetzungen.

#### 2.4.2.4 *Oszillometrische Methode*

GÖTZE (1920 a) beschreibt die Technik der Messung an der A. coccygea folgendermaßen: Die Manschette soll in Höhe des siebten bis achten Schwanzwirbels angebracht werden, nahezu in gleicher Höhe mit der unteren Vulvakommissur. Sie soll glatt und fest um den Schwanz gewickelt werden, und die Gummiblase soll an der unteren Fläche des Schwanzes liegen. Eine Hand überprüft den Puls an der ventralen Fläche des Schwanzes, direkt hinter der Manschette. Der Druck wird an einem Manometer abgelesen. Die erste große Oszillation ist mit dem systolischen und die letzte große Oszillation mit dem diastolischen Blutdruck gleichzusetzen. Er weist darauf hin, dass der Blutdruck leicht durch äußere Einflüsse zu verändern ist.

In einem weiteren Artikel (GÖTZE, 1920 b) stellt er fest, dass die Körperlage, -stellung, Wiederkäuen, Futteraufnahme, Tageszeit, Brunst und Trächtigkeit Einfluss

auf den Blutdruck haben, Alter, Geschlecht und Rasse jedoch nur geringe Unterschiede bewirken. Vorübergehend erhöhend wirken sich Futteraufnahme, Wiederkäuen, Brunst und Erregungszustände aus. Die täglichen Blutdruckschwankungen erklärt er mit der Zahl und der Verteilung der Mahlzeiten sowie über die Beziehung des Blutdruckes zu Außentemperatur und Barometerdruck. Die verschiedenen Werte bei unterschiedlicher Körperhaltung (bei erhobenem Kopf fand er einen höheren Druck als bei gesenktem Kopf) führt er auf die hydrostatischen Verhältnisse des Kreislaufes als Folge des Einflusses des Gehirns zurück. Er registriert für den Maximaldruck einen Mittelwert (gemittelt aus 90 Messungen) von 106 mmHg und für den Minimaldruck einen Mittelwert von 60 mmHg bei einem Pulsdruck von 46 mmHg.

WERNER et al. (1977 a, b) berichten über eine Methode der unblutigen Blutdruckmessung mittels eines von Werner entwickelten Drehzeigerinstrumentes. Über eine blutige Simultanmessung stellen sie fest, dass die korrekte Manschettenbreite für das Rind 5 cm beträgt. Sie beschreiben das Gerät als klein, handlich und auch für die Praxis geeignet. Die Differenz zwischen blutiger und unblutiger Messung beträgt + 0,7 mmHg. Während der Vorversuche stellen sie fest, dass die Beine eines stehenden Tieres als Messextremität ungeeignet sind, da Balancebewegungen größere Impulse auf die Manschette übertragen als die arterielle Pulsation. Da bei der Messung am Schwanz Artefakte auftreten, sobald dieser angedrückt wird, muss er von einer Hilfsperson gehalten werden.

GUILLEBEAU (1979) erscheint die oszillometrische Methode in der damaligen Form nicht brauchbar, da er keinen zufriedenstellenden Wert erhalten kann.

WERNER (1980) beschreibt die Nutzung eines automatisierten Oszillometrierätes. Dieses zeigt sowohl den systolischen als auch den diastolischen und den mittleren Blutdruck an. Als Vorteile hebt er hervor, dass die Manschette auch nach Bewegung nicht neu angelegt werden muss und dass dieses Gerät relativ kostengünstig ist. 1997 verwendet ROESE im Rahmen ihres Dissertationsprojektes den automatischen DINAMAP<sup>®</sup> Plus Monitor (Firma Critikon) für die indirekte Blutdruckmessung. Sie vergleicht die indirekt ermittelten Werte mit den direkt ermittelten. Der Versuchsaufbau gliedert sich in zwei Gruppen. Die erste besteht aus 21 Kälbern, bei welchen die indirekte Messung am Schwanz durchgeführt wird und die direkte parallel an der A. carotis communis. Sie empfiehlt für die indirekte Messung eine Blasenbreite von 2,8 cm für den Einsatz bei 100-200 kg schweren Kälbern. Bei der

direkten Messung ermittelt sie folgende Werte: systolischer Blutdruck:  $123 \pm 9$  mmHg; diastolischer Druck:  $75 \pm 9,5$  mmHg und mittlerer arterieller Druck:  $98 \pm 7,9$  mmHg. Die zweite Gruppe besteht aus 21 ausgewachsenen Kühen. Hier werden direkte und indirekte Blutdruckmessung nacheinander an der A. caudalis mediana durchgeführt. Die Autorin empfiehlt, zur Erhöhung der Messgenauigkeit ein Polster unter die Manschette zu legen. Auf diese Weise wird bei einer Blasenbreite von 14,3 cm die geringste Abweichung von der blutigen Messung erreicht. Die Werte der direkten Messung sind: systolischer Druck:  $139 \pm 15,1$  mmHg; diastolischer Druck:  $86 \pm 14,7$  mmHg; arterieller Mitteldruck:  $110 \pm 13,1$  mmHg. Zusammenfassend schreibt die Autorin, dass diese oszillometrische Technik zwar keine absolut genauen Werte liefert, jedoch die Korrelation zu den direkten erhaltenen Werten ausreichend hoch ist. So hält sie diese Methode unter gewissen Voraussetzungen (ruhiger Raum, Polsterung der Manschette beim adulten Tier und zusätzliche Fixierung der Manschette mit Klebeband) für die Routinediagnostik geeignet.

## **2.5 Vergleichende Blutdruckmessungen bei anderen Tierarten**

BODEY et al. (1994) vergleichen die Resultate der direkten Messungen an der A. metatarsalis mit denen der zeitgleich durchgeführten oszillometrischen Messungen mittels Dinamap 1846 sx bei 24 narkotisierten und in Seitenlage verbrachten Hunden. Acht weitere Hunde legen sie in Seitenlage und messen den Blutdruck im Wachzustand. Die Autoren wählen die blutige Methode als Goldstandard, diskutieren jedoch auch mögliche Fehlerquellen durch technisches Versagen oder Unruhe der Hunde, welche nicht an die Messsituation gewöhnt sind und keine Narkose erhalten haben. Die Manschette wird jeweils am Schwanz und an der proximalen und distalen Vorder- und Hintergliedmaße angelegt. Die beste Korrelation zwischen blutigen und unblutig ermittelten Werten erhalten sie an den Messorten Schwanz ( $r=0,76$ ) und A. metatarsalis ( $r=0,69$  proximal und  $r=0,66$  distal).

Sie erhalten Korrelationen zwischen 0,24 und 0,76. Die Richtigkeit der Werte ist am Messort proximale Hintergliedmaße am größten. Die Präzision ist wiederum am Schwanz am besten. Bei den acht nicht narkotisierten Hunden stellen die Autoren fest, dass an der Hintergliedmaße die distale Lokalisation der Manschette besser geduldet wird als die proximale.

GAINS et al. (1995) untersuchen 11 Beagles, welche sie in zwei Gruppen (leichte und tiefe Sedation) einteilen. Für die blutige Messung katheterisieren sie die Zungenarterie, für die unblutige Messung wird die Manschette des DINAMAP 8100®



(Critikon) über die A. mediana auf mittlerer Höhe des Radius angelegt. Es folgen drei simultane Messungen von denen jeweils der Mittelwert gebildet wird. Diese Mittelwerte vergleichen die Autoren und kommen zu dem Ergebnis, dass das indirekte Messgerät den systolisch Blutdruck leicht zu hoch misst (+ 4,3 mmHg) und den diastolischen und den mittleren Druck leicht zu niedrig (13,5 und 9,8 %). Aufgrund einer sehr guten Korrelation der Werte ( $r=0,93$ ) halten die Autoren den DINAMAP 8100® (Critikon) zur Blutdruckmessung beim Hund für geeignet, empfehlen jedoch 3 Messzyklen und die Bildung des Mittelwertes.

MEURS et al. (1996) vergleichen die direkte Messmethode mittels Katheterisierung der dorsalen Fußarterie und die oszillometrische Methode (DINAMAP 8300®, Critikon Corporation, Tampa) an der contralateralen Arterie bei 15 anästhesierten Hunden eingeteilt in drei Gewichtsklassen (3 bis 13 kg; 13,1 bis 27 kg; 27,1 bis 43,6 kg). Die direkte Messmethode wird als Goldstandard angesehen, jedoch werden auch hier mögliche technische Fehlerquellen genannt. Sie protokollieren fünf Messwerte von jedem Monitor. Von diesen fünf wird der Durchschnittswert gebildet und dann die direkten mit den indirekt ermittelten Werten verglichen. Von 56 Messwerten ist der indirekt ermittelte systolische Druck 37-mal höher (Mittelwert 12,1 mmHg) als der direkt gemessene Blutdruck und 19-mal niedriger (Mittelwert 15,3 mmHg). Der mittlere arterielle Druck ist indirekt gemessen 13-mal höher (Mittelwert 4,6 mmHg), 41-mal niedriger (Mittelwert 14 mmHg) und zweimal identisch mit dem direkt ermittelten Wert. Ein Korrekturfaktor kann nicht entdeckt werden. Der Korrelationskoeffizient schwankt zwischen  $r=0,62$  für den systolischen Blutdruck zum Beginn der Messungen und  $r=0,90$  für den mittleren arteriellen Druck fünf Minuten nach Beginn der Messung. Die Autoren finden keinen signifikanten Unterschied zwischen den Blutdruckwerten der Gewichtsklassen. Die beste Korrelation zwischen den Messmethoden erhalten sie, wenn die Manschettenbreite 40 bis 60 Prozent des Gliedmaßenumfanges beträgt. Die beste Genauigkeit der unblutigen Messung erhalten sie bei systolischen Werten von 80 bis 100 mmHg, fällt der Blutdruck, sinkt auch die Genauigkeit der Messwerte. Die Autoren befinden den DINAMAP 8300® (Critikon Corporation, Tampa) für die Narkoseüberwachung geeignet, raten allerdings bei Einzelmessung zur Vorsicht bei der Interpretation.

STEPIEN und RAPOPORT (1999) vergleichen drei Methoden der Blutdruckmessung bei 28 nicht sedierten Hunden. Als Goldstandard dient die direkte Messung an der A. femoralis. In rechter Seitenlage wird am Unterarm mittels Dopplerprinzip und am

Metatarsus mit Hilfe eines oszillometrischen Systems der Blutdruck gemessen. Für jede Messart werden drei Messungen protokolliert. Die Werte der direkten Messung: systolisch (114 bis 194 mmHg), diastolisch (66 bis 102 mmHg) und mittlerer arterieller Druck (85 bis 129 mmHg). Die Werte des oszillometrischen Prinzips: systolisch (110 bis 190 mmHg), diastolisch (35 bis 107 mmHg) und der mittlere arterielle Druck (78 bis 138 mmHg). Die Autoren können keinen Zusammenhang zwischen Alter, Gewicht und Blutdruck feststellen. Sie finden sowohl die Dopplermethode ( $r=0,35$ ) als auch das oszillometrische System (Korrelationen zwischen 0,28 und 0,4) nur zur Darstellung von Trends und Durchschnittswerten geeignet. Eine mögliche Diskrepanz der Werte aufgrund der eventuell zeitversetzten Protokollierung räumen sie ein.

PEDERSEN et al. (2002) evaluieren ein oszillometrisches System zur indirekten Blutdruckmessung an sechs gesunden Katzen. Die Autoren narkotisieren die Katzen und legen einen Katheter in die A. femoralis des rechten Beines. Das linke Vorderbein wird rasiert und die Manschette des Gerätes am Antebrachium angelegt. Zehn Messungen finden bei normalem Blutdruck und jeweils fünf bei Hyper- oder Hypotonie statt. Die Messungen erfolgen in zweiminütigen Intervallen. Bei dem Vergleich der erhaltenen Messwerte stellen die Autoren fest, dass das oszillometrische System die Anforderungen der Association for the Advancement of Medical Instrumentation (Abweichung  $<$  oder  $= \pm 5$  bis 8 mmHg) erfüllt. Allein der systolische arterielle Blutdruck liegt während Normo- und Hypertonie niedriger als der direkt gemessene Wert. Eine Erklärung für diese Tatsache sehen die Autoren in einer eventuell unbefriedigenden Abstimmung der Algorithmen beider Methoden oder in zu kleinen Oszillationen in der Arterie, welche nicht für eine befriedigende Berechnung der Werte ausreichen.

SAWYER et al. (2004) evaluieren den CARDELL Veterinary Blood Pressure Monitor, 9301V<sup>®</sup> (CAS Medical System, Inc., Branford, USA) mittels sechs Messungen jeweils am Metacarpus, Metatarsus und der proximalen Hintergliedmaße bei sechs anästhetisierten Hunden. Als Goldstandard wird die direkte Messung des Blutdruckes in der A. tibialis herangezogen. Die Autoren erwähnen, dass auch diese Methode technische Fehlerquellen, wie zum Beispiel ein fehlerhaft mit Flüssigkeit gefülltes Katheter-Schlauchsystem, in sich birgt. Die Manschettenweite wird so gewählt, dass sie 40 bis 60 Prozent des Gliedmaßenumfangs beträgt. Bei Hypotonie sind systolischer und mittlerer arterieller Druck vergleichbar mit den direkt ermittelten

Werten bei einer Streuung von  $\pm 5$  mmHg. Bei Normo- oder Hypertonie sind die indirekten Werte jedoch immer um 18 bis 23 mmHg zu niedrig. Als zweckdienlichster Messort stellen die Autoren den Metatarsus (Korrelationskoeffizienten zwischen 0,73 und 0,94) dar. Hier scheint ihnen die Methode der Oszillometrie für die Narkoseüberwachung geeignet. Der Schwanz wird von den Autoren als Messort ausgeschlossen, da sie in einem tiefen Narkosestadium mit niedriger Herzauswurfleistung hier einen niedrigeren Blutfluss erwarten.

YPSILANTIS et al. (2005) vergleichen die Blutdruckwerte direkter Messungen untereinander (Aorta abdominalis und zentrale Ohrarterie) und einer direkten Messung (Aorta abdominalis) mit simultan durchgeführten indirekten oszillometrischen Messungen (A. brachialis und A. femoralis) bei anästhesierten Kaninchen. Die Werte, ermittelt in der Aorta abdominalis, gelten als Goldstandard. Als Manschettenbreite wählen sie 30 bis 35 Prozent des Gliedmaßenumfangs. Die Werte der blutigen Messungen korrelieren sehr gut miteinander ( $r \geq 0,949$ ). Bei der Messung in der zentralen Ohrarterie werden niedrigere Blutdruckwerte ermittelt und der Unterschied zwischen den erhaltenen Werten an beiden Messorten steigt bei höheren Blutdrücken an. Die oszillometrischen Messungen korrelieren schlechter mit den blutigen Vergleichsmessungen, an der Vordergliedmaße (systolisch:  $r=0,872$ ; diastolisch:  $r=0,802$ ; mittlerer arterieller Druck:  $r=0,790$ ) jedoch besser als an der Hintergliedmaße (systolisch:  $r=0,578$ ; diastolisch:  $r=0,637$ ; mittlerer arterieller Druck:  $r=0,735$ ). Dies wird von den Autoren durch die größere Entfernung der Hintergliedmaße zum Herzen erklärt. Des Weiteren räumen sie eventuelle Messungenauigkeiten durch Standardmanschetten aus der Humanmedizin ein. Die Messung des Blutdruckes an der Vordergliedmaße halten sie nur bei niedrigem und normalem Blutdruck für aussagekräftig.

## **3 Eigene Untersuchungen**

### **3.1 Ziel der Untersuchungen**

Für das Kalb sollte ein Gerät zur indirekten Blutdruckmessung evaluiert werden. Sowohl die Akzeptanz durch das Tier als auch die Präzision und die Richtigkeit der Messungen sollten überprüft werden. Während die Präzision durch Wiederholungsmessungen an den verschiedenen Messorten überprüft wurde, bestimmte man die Richtigkeit anhand direkter Vergleichsmessungen. Die Akzeptanz überprüfte man durch Beobachtung des Verhaltens des Tieres während den Wiederholungsmessungen.

### **3.2 Probanden, Material und Methoden**

#### **3.2.1 Tiere**

Von Januar 2006 bis einschließlich Dezember 2006 wurden Blutdruckmessungen bei 216 Kälbern im Alter bis zu drei Monaten durchgeführt. Die Tiere gehörten zum Patientengut der Klinik für Wiederkäuer in Oberschleißheim. Bei 26 der 216 Tiere, die aus einem medizinischen Grund euthanasiert werden mussten, wurde vor der Euthanasie eine Vergleichsmessung mittels einer intravasalen Messmethode durchgeführt.

#### **3.2.2 Geräte**

##### **3.2.2.1 *Oszillometrisches Gerät***

Die Messungen wurden bei allen Kälbern mittels eines indirekt messenden und nach dem Prinzip der High Definition Oszillometrie (HDO) arbeitenden Gerätes vorgenommen. Bei diesem Blutdruckmessgerät handelte es sich um einen Prototypen eines speziell für die Tiermedizin entwickelten oszillometrisch messenden, voll automatisierten Gerätes (MemoDiagnostic Equine, Version 1,25., Firma S + B medVET GmbH, Babenhausen).

Das Gerät führte auf Knopfdruck entweder eine vollautomatische Einzel- oder Reihenmessung durch. Der Druck in der Manschette wurde bis zu einem vorher

eingestellten zu erwartenden übersystolischen Wert aufgebaut, der Druckabfall erfolgte automatisch, die Ablassrate war dabei pulsadaptiert.

Bestimmt wurden der systolische und der diastolische Blutdruck sowie die zum Messzeitpunkt herrschende Pulsfrequenz. Diese Werte wurden auf dem Display angezeigt.

Der Hersteller empfahl eine Messung in entspannter Position der entsprechenden Gliedmaße, damit Artefakte minimiert werden können.

Das Gerät wurde mit zwei verschiedenen Manschettengrößen geliefert, die zur Messung an den Extremitäten oder dem Schwanz eingesetzt werden konnten. Die Weite der Manschetten konnte über einen Klettverschluss geregelt werden. Die Manschetten bestanden aus einem speziellen Kunststoff.

Technische Daten: Blutdruckmessung von 1 bis 300 mmHg; Pulsmessung von 0 bis 300 Schlägen pro Minute; Ablassrate von 3 mmHg pro Sekunde bis 18 mmHg pro Sekunde; Verstärkungsparameter (Gain) 30 bis 640; Abspeicherung von 60 Messungen; PC-Anschluss über USB.

#### 3.2.2.2 Katheter-Tip-Manometer

Zur intravasalen, direkten Blutdruckmessung (blutige Messung) wurde ein Tip-Katheter (Firma Mammendorfer Institut für Physik und Medizin GmbH, Mammendorf) verwendet. Er hatte einen Durchmesser von 1,29 mm und wurde über eine Punktionsstelle direkt in die Arteria carotis in Richtung des Herzens eingeführt. Das Manometer, welches intravasal den Druck gemessen hat, saß an der Spitze des Katheters. Über ein Verbindungskabel wurde der Katheter an den Monitor SIRECUST 402 (Firma Siemens, Bensheim) angeschlossen. Auf dem Display wurden parallel entweder der systolische und diastolische Druck oder der systolische und mittlere Blutdruck angezeigt. Dies war per Knopfdruck wählbar.

Technische Daten: Empfindlichkeit: 5  $\mu\text{V/V mmHg}$  ( $\pm 1\%$ ); Messbereich: -50 bis 300 mmHg; Temperaturempfindlichkeit:  $< 0,2 \text{ mmHg/K}$ ; Linearität/Fehler:  $< 1 \text{ mmHg}$ ; Temperaturbereich: 20 °C bis 40 °C; Brückenspeisung: 3...6 V Gleich- oder Wechselspannung.

### 3.2.3 Methoden

#### 3.2.3.1 *Versuchsaufbau*

Bei 190 nicht sedierten Kälbern nahm man die Messung des Blutdruckes sowohl am stehenden Tier an der Schwanzwurzel (*A. caudalis mediana*) als auch am liegenden Tier an der Vordergliedmaße in Höhe von *A. mediana* und *A. digitalis communis* (circa in der Mitte des Metacarpus) und an der Hintergliedmaße in Höhe von *A. digitalis plantaris communis* und *A. dorsalis pedis* (circa in der Mitte des Metatarsus) vor. Bei weiteren 26 Kälbern wurde der Blutdruck im narkotisierten Zustand in liegender Position indirekt, mittels Druckmanschette an den oben genannten Messorten bestimmt. Zusätzlich wurde simultan eine invasive Messung an der *A. carotis* durchgeführt.

Alle Messungen fanden in einem relativ ruhigen Raum statt. Der korrekte Sitz der Manschette wurde mehrmals überprüft. Es wurde auf eine ruhige und lockere Lagerung der Extremität, an der gemessen wurde, geachtet. Man räumte dem Tier immer eine Gewöhnungsphase an das Gerät ein. Die Aufmerksamkeit der messenden Person richtete sich ausschließlich auf die Messung und das Kalb.

Während der Messungen wurde keinerlei Rücksicht auf die Jahreszeit oder die Tageszeit genommen.

Ausschlusskriterien von der indirekten Messung waren Festliegen zum Zeitpunkt der Messung, eine laufende Infusion und Castverbände an beiden Vordergliedmaßen.

Ausgeschlossen von der direkten Messung wurden Kälber, welche wegen ihres schlechten Allgemeinzustandes als nicht narkosefähig angesehen wurden.

Alle Kälber, bei denen keines dieser Kriterien zutraf, wurden als tauglich angesehen.

#### 3.2.3.2 *Versuchsvorbereitungen*

Vor Beginn des Hauptversuches wurden Vorversuche durchgeführt. Dies betraf indirekte Messungen an 15 Kälbern und diente dazu, Fehler im späteren Hauptversuch, welche durch Unsicherheiten im Umgang mit den Gerätschaften entstehen könnten, auszuschalten und eventuelle Mängel im Protokollbogen (Abbildung 26 und 27, Anhang) zu erkennen. Die in den Vorversuchen gewonnenen Daten wurden nicht in den Ergebnissteil aufgenommen.

Die nicht sedierten Kälber brachte man für die liegende indirekte Messung vorsichtig und ruhig in rechte oder linke Seitenlage, sofern es nötig war, hielt sie eine Person in

dieser Position. Der Umfang der jeweiligen Messstelle wurde mit einem Bandmaß ermittelt. Nun wurde die Manschette fest, aber nicht zu eng um die betreffende Gliedmaße gelegt. Es wurde darauf geachtet, dass der kleine Finger immer knapp zwischen Manschette und Gliedmaße gesteckt werden konnte. Nach einer Eingewöhnungsphase, in der sich das Tier an die Situation gewöhnen konnte, wurde mit den Messungen begonnen.

Für die vergleichende direkte Messung wurde im Vorfeld ein Tierversuchsantrag 9 (55.2-1-54-2531-104-05) ausgefüllt und an die zuständigen Stellen gesandt. Nach der Bewilligung des Versuches wurde mit den direkten Vergleichsmessungen begonnen.

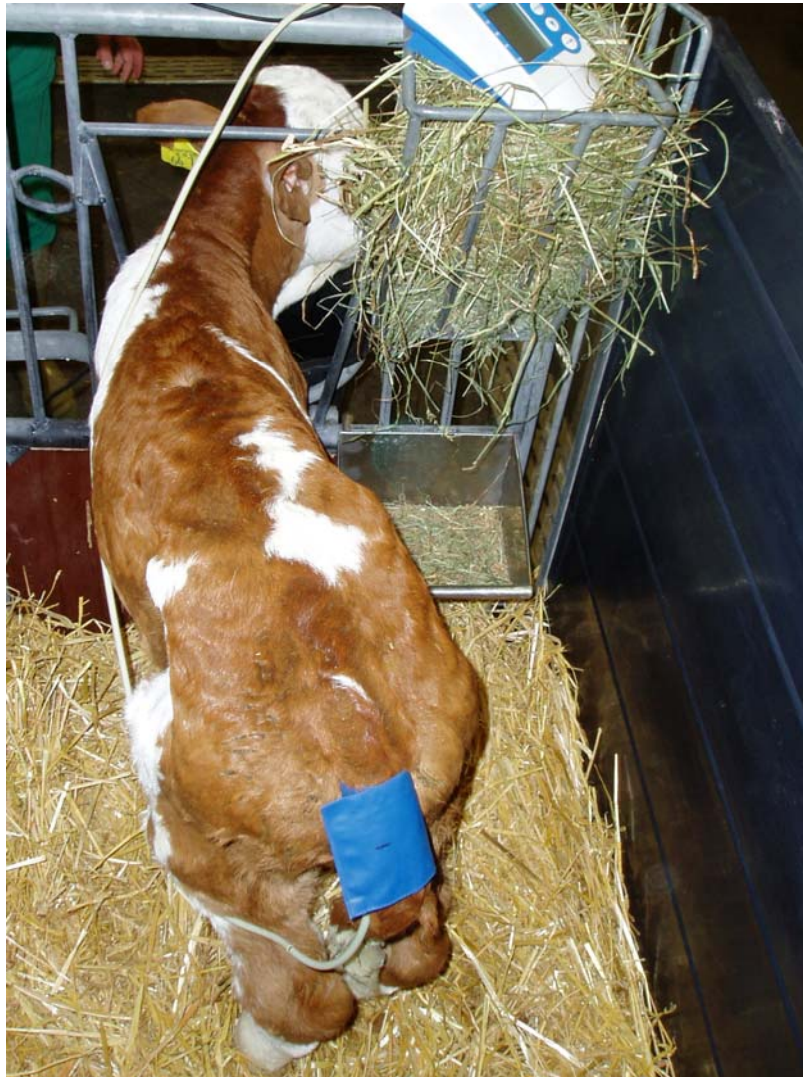
Für die direkte Messung wurden Tiere verwendet, die aus medizinischen Gründen zur Euthanasie (z.B. hochgradige fibrinöse Polyarthrit) vorgesehen waren. Die Kälber wurden entweder in Narkose gelegt oder waren bereits in Narkose, da sich der Grund für die Euthanasie erst intra operationem zeigte (z.B. ein in die Bauchhöhle durchgebrochenes Labmagengeschwür). Diese Tiere verbrachte man in Seitenlage. Die entsprechende Halsseite wurde im Bereich der Drosselrinne großzügig geschoren und für die Katheterisierung vorbereitet. Bei diesen Messungen wurden simultan die indirekten Messungen durchgeführt, indem die Manschette in oben genannter Weise angelegt wurde.

### 3.2.3.3 *Durchführung der indirekten Messung*

Für diese Messung wurden die Kälber in ihren Boxen belassen. Wurden die Kälber in stehender Position angetroffen, begann man mit der Messung am Schwanz. Bei einigen Tieren musste der Schwanz erst von den größten Verunreinigungen gesäubert werden. Dann wurde die Manschette zirkulär um den Schwanz in Höhe der Schwanzwurzel über der A. caudalis mediana angelegt (Abbildung 1), dabei wurde nicht darauf geachtet, ob der Verschluss oben oder unten zum Liegen kam. Durch den Klettverschluss konnte der variierende Umfang ausgeglichen und die Manschette fest um den Schwanz gelegt werden.

Die Messung wurde per Knopfdruck gestartet, und es wurden fünf Messungen durchgeführt. Die Grundeinstellung des Gerätes war am Anfang jeder Messung dieselbe: der P1 (Parameter 1) (die Manschette wurde bis zu diesem Wert aufgepumpt) stellte den Wert von 200 mmHg dar, P2 (Messende) war auf 15 mmHg

eingestellt, P3 (Ablassrate) betrug 7 mmHg pro Sekunde und der Anfangswert des P4 (Gain) war 140.



**Abbildung 1:** Position der Manschette bei der Messung am Schwanz

Die auf diese Weise erhaltenen Werte mussten nun noch auf Herzhöhe korrigiert werden. Die Korrektur auf Herzhöhe erfolgte nach GRAUWILER et al. (1958), wobei pro Zentimeter Höhendifferenz zwischen Messhöhe und Buggelenkshöhe 0,769 mmHg zu den indirekt gemessenen Werten addiert wurden. Zum Ermitteln der Höhendifferenz wurde ein selbstgebautes Stockmaß (Abbildung 2) benützt. Es wurde die Höhe eines vorher festgelegten Punktes in der Mitte der am Schwanz befestigten Manschette und die Höhe des Buggelenkes auf ebenem Boden ermittelt. Die Differenz der beiden Werte ergab die Höhendifferenz in Zentimeter. Dieser Wert konnte später zur Korrektur verwendet werden.





**Abbildung 2:** Stockmaß zum Ermitteln des Höhenunterschiedes

Nach Beenden dieser Messungen wurde die Manschette entfernt und das Kalb vorsichtig und ruhig in Seitenlage verbracht und in dieser, wenn nötig, von einer Hilfsperson, möglichst schonend fixiert.



**Abbildung 3:** Messung an der Vordergliedmaße am liegenden Tier

Die Manschette wurde zuerst an der Gliedmaße befestigt, die für die Person, welche die Messung durchführt, leichter zu erreichen war, also entweder über der A. mediana und A. digitalis communis an der oben liegenden Vordergliedmaße (Abbildung 3) oder an der oberen Hintergliedmaße in Höhe der A. digitalis plantaris communis und A. dorsalis pedis. Es wurden wiederum fünf Messungen gestartet. Danach wurde die Manschette an der jeweils anderen Gliedmaße angelegt und es wurden erneut fünf Messungen vorgenommen.

Eine Korrektur auf Herzhöhe in Seitenlage entfiel, da sich in Seitenlage die oberen Gliedmaßen etwa auf Herzhöhe befanden. Wurde das Tier jedoch in Seitenlage angetroffen, wurde mit den Messungen an den Gliedmaßen begonnen und das Kalb nach Beendigung der Messungen an der zweiten Gliedmaße und Entfernen der Manschette schonend aufgetrieben. Dann (nach circa 2 bis 3 Minuten) wurde mit den Messungen am Schwanz des Tieres fortgefahren.

Bei Abbruch der Messung wurde die Manschette erneut fixiert oder bei Auftreten eines Bewegungsartefaktes die Messung neu gestartet. Bei anderen unklaren Messfehlern wiederholte man die Messung so oft, bis fünf vollständige Messreihen vorhanden waren. Zur Behebung der Fehlermeldung wurden systematisch Lage und Sitz der Manschette, Lagerung der Gliedmaße und Einstellungen des Systems überprüft. Meldete das System den Fehler „E2“ (zu viele Artefakte) und konnte ein Bewegungsartefakt durch das Kalb ausgeschlossen werden, wurde nach Kontrolle der Manschette und der Lage der Gliedmaße der Gain um eine Stufe verringert. Bei der Fehlermeldung „E3“ (Signalamplitude zu klein) kontrollierte man zuerst wieder Sitz der Manschette und Lage der Gliedmaße und erhöhte erst dann den Gain auf die nächste Stufe. Sämtliche Messwerte wurden, ebenso wie die Reaktion des Tieres, die Art und Anzahl der Messungen mit Fehlermeldungen und die Reaktion auf dieselbigen, auf einem Protokollblatt festgehalten. Die Dauer der fünf Wiederholungsmessungen wurde mit einer Stoppuhr ermittelt und in halbminütigen Intervallen angegeben, wobei Werte zwischen 0 und 15 Sekunden auf eine volle Minute abgerundet, von 16 bis 45 Sekunden auf die dazwischen liegende halbe Minute gerundet und von 46 bis 59 Sekunden auf die folgende Minute aufgerundet wurden.

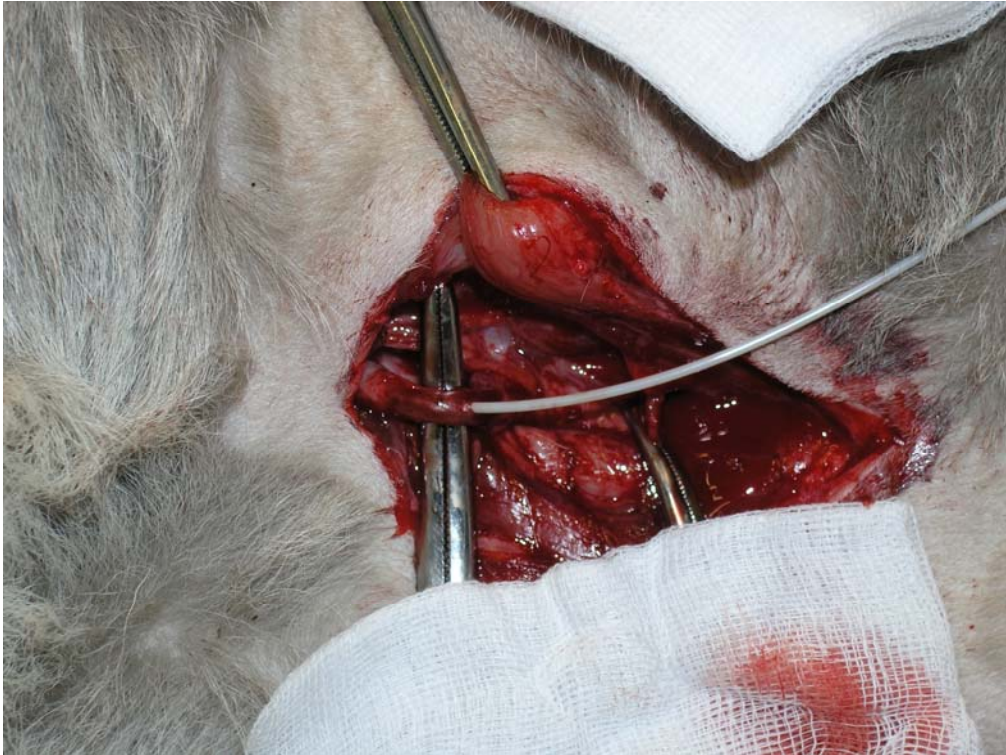
Bei den 26 narkotisierten Kälbern, die aus einem medizinischen Grund eingeschläfert wurden, nahm man simultan zu der invasiven Messung eine indirekte Messung mit der

Manschette vor. Die Kälber lagen in Seitenlage, begonnen wurde mit der Messung am Schwanz. Diese Werte brauchten aus oben genannten Gründen nicht auf Herzhöhe korrigiert zu werden. Nachdem fünf Messzyklen durchlaufen waren, wurde die Manschette zuerst an der Hintergliedmaße und zuletzt an der Vordergliedmaße an oben beschriebenen Stellen fixiert, und auch hier wurden jeweils fünf Messungen durchgeführt. Alle Werte wurden vom Display des Gerätes abgelesen. Der Laptop-Computer wurde auf Bitte des Herstellers angeschlossen.

#### 3.2.3.4 *Durchführung der direkten Messung*

Bei 26 Tieren wurden die Messungen unter Narkose vor der Euthanasie durchgeführt. Bei der Narkose handelte es sich um eine Inhalationsnarkose mittels Isofluran ohne Verwendung einer Prämedikation zur Einleitung. Am narkotisierten Tier wurde die rechte oder linke Halsseite geschoren. Im mittleren bis unteren Drittel des Halses wurde die Arteria carotis sorgfältig freipräpariert. Die so zugänglich gemachte Arterie wurde mit einer 17 G Kanüle mit 5 cm Länge punktiert. Nun wurde die Kanüle wieder entfernt und der Katheter über die so entstandene Öffnung in der Arterie in Richtung des Herzens circa 10 bis 20 cm vorgeschoben (Abbildung 4).

Bevor jedoch der Katheter in das Gefäß eingeführt wurde, musste ein Nullabgleich vorgenommen werden. Die Eichung des SIRECUST 402 erfolgte per Knopfdruck. Die systolischen und diastolischen Blutdruckwerte konnten am Display des angeschlossenen Monitors abgelesen werden. Die Dauer der Messungen betrug ca. 20 Minuten war jedoch abhängig von dem Verlauf der parallel durchgeführten indirekten Messung. Gleichzeitig zu dieser Messung wurden die fünf Messzyklen der indirekten Messung wie oben bereits beschrieben durchgeführt (Abbildung 5 und Abbildung 6).



**Abbildung 4:** Freipräparierte A. carotis mit eingeführtem Katheter-Tip-Manometer



**Abbildung 5:** Vergleichende direkte und indirekte Messung bei einem Braunviehkalb in Narkose



Nach Abschluss der Messungen wurde der Katheter aus der A. carotis entfernt und das Kalb in Narkose eingeschläfert. Die Euthanasie wurde mit Pentobarbital (Eutha 77<sup>®</sup>, Essex Pharma GmbH, München) vorgenommen.

Nach Empfehlung des Herstellers des Monitors wurde nach jeder 10. Messung ein Selbsttest des Monitors durchgeführt. Wie vom Mammendorfer Institut empfohlen, wurde der Tip-Katheter nach 15 Messungen zur gründlichen Reinigung und erneuten Kalibrierung zum Hersteller eingesandt.



**Abbildung 6:** Vergleichende Messung am Schwanz

### 3.2.3.5 *Untersuchte Parameter*

Im Verlauf der Blutdruckmessungen wurden folgende Parameter bestimmt:

sowohl mit direkter als auch mit indirekter Methode wurden systolischer und diastolischer arterieller Blutdruck sowie die Pulsfrequenz bestimmt.

Beide verwendeten Geräte gaben den Blutdruck in mmHg an. Dies war auch nach dem Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft Nr. C 185/19 die offizielle in Deutschland und der EU vorgeschriebene Einheit.

Außerdem wurden Alter, Geschlecht, Gewicht, Rasse, Art der Erkrankung, Ernährungszustand, Reaktionen des Kalbes während der Messung, Wahl der Manschette, Umfang der Messstelle an den Gliedmaßen und dem Schwanz, die Höhendifferenz der Messstelle am Schwanz zum Buggelenk, die Anzahl der Messungen mit Fehlermeldungen, die Dauer sowie Besonderheiten während der Messungen protokolliert.

#### 3.2.3.6 Statistische Auswertung

Die ermittelten Daten wurden mit Hilfe von Boxplots und Histogrammen visuell auf Normalverteilung untersucht. Falls einer der Parameter nicht normalverteilt war, wurden alle Daten dieses Parameters mittels nichtparametrischer Tests beurteilt. Die Box eines Boxplots enthält 50 % der Werte. Sie besteht aus zwei Quartilen, die Länge einer Box entspricht einem Interquartilabstand. Der Median wird durch den horizontalen Balken in der Box dargestellt. Die Whiskers stellen Extremwerte dar, die jedoch noch innerhalb von 1,5 Interquartilabständen liegen. Kreise ober- und unterhalb der Whiskers sind Extremwerte zwischen 1,5 und 3 Interquartilabständen. Werte oberhalb von 3 Interquartilabständen werden mit Sternen symbolisiert.

Von der Dauer der Messungen und der Anzahl der Messungen bis zum Erhalt von fünf Messungen mit angezeigten Blutdruckwerten und der Anzahl der Messungen mit Fehlermeldung wurde jeweils Minimum, Maximum, Mittelwert und Median ermittelt. Dadurch sollte der günstigste Messort ermittelt werden, an welchem mit dem kürzesten Zeiteinsatz und den wenigsten Messungen mit Fehlermeldungen die gewünschten fünf Blutdruckwerte auf dem Display des indirekten Messsystems erhalten wurden.

Der Vergleich der gemessenen Werte zwischen unterschiedlichen kategorischen Parametern (Geschlecht, Ernährungszustand, Rasse, Krankheit und Manschette) wurde mit dem Kruskal-Wallis Test durchgeführt (BORTZ, 1984). Aufgrund der Vielzahl der Tests wurde die Bonferroni-Korrektur angewandt (BORTZ, 1984), wodurch der kritische Wert für die Signifikanz auf 0,001 gesetzt wurde.

Die Zusammenhänge zwischen den gemessenen Blutdruckwerten und anderen kontinuierlichen Daten (Alter, Gewicht, Umfang der Gliedmaße) wurden mittels Spearman-Korrelationskoeffizienten untersucht (BORTZ, 1984). Nur Werte über 0,6

wurden als bedeutend gewertet; Werte unter 0,6 wurden als ‚schlechte‘ oder ‚keine‘ Korrelation bewertet.

Zur Überprüfung der Präzision wurde der Variationskoeffizient berechnet und verglichen (BORTZ, 1984). Je kleiner der Variationskoeffizient, desto besser war die Präzision der Messwerte. Zusätzlich wurden die Mediane und die Mittelwerte der intraindividuellen Standardabweichung bestimmt und der Prozentsatz der Anzahl der Messungen, bei denen die Standardabweichung über 8 mmHg lag.

Beim Vergleich der indirekten und direkten Werte wurden mit Hilfe des Median erstens mittels Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben (BORTZ, 1984) beurteilt, ob ein Unterschied zwischen den direkten und indirekten Werten besteht. Die Signifikanzgrenze wurde dabei auf  $p = 0,1$  festgelegt, somit wurde  $\alpha$  und damit der Fehler 1. Art erhöht, aber der Fehler 2. Art erniedrigt. Dadurch sollte gewährleistet werden, dass ein tatsächlich existierender Unterschied zwischen den zwei Messmethoden auch erkannt wurde. Zweitens wurde der Korrelationskoeffizient nach Spearman ermittelt (BORTZ, 1984).

Falls an einem der Messorte der Wilcoxon-Test keinen Unterschied erkannte oder der Korrelationskoeffizient nach Spearman einen Zusammenhang zwischen den Variablen aufzeigte, hatten diese Variablen die besten Voraussetzungen für die praktische Anwendbarkeit der Methode. Diese Anwendbarkeit wird durch das Erstellen einer linearen Beziehung zwischen den Variablen vereinfacht. Eine lineare Regression kann jedoch nur mit normalverteilten Daten durchgeführt werden. Aus diesem Grund wurde bei den betreffenden Werten dieses Messortes der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest auf Normalverteilung betrachtet. Bei Normalverteilung der Daten wurden der Korrelationskoeffizient nach Pearson und die lineare Regression berechnet. Zur vergleichenden Darstellung wurden die Punkt- Diagramme der Werte der anderen Messorte ebenfalls erstellt. Die so ermittelten Werte wurden dann mit den erst errechneten verglichen.

Sämtliche Daten wurden in Excel<sup>®</sup> 2002 (Firma Microsoft) und SPSS (Version 14.0, SPSS Inc., USA) ausgewertet.

Von allen Auswertungen ausgeschlossen wurde der komplette Datensatz eines Falles, wenn ein oder mehrere Messergebnisse fehlten.

Nach Abschluss sämtlicher Messungen wurden sowohl alle Hüllkurven (visuelle Darstellung der Messwerte, an der man beurteilen kann, ob Messwerte den

tatsächlichen Blutdruck darstellen, oder ob nur Geräterauschen oder Artefakte gemessen wurden) der indirekten Messungen, welche mittels eines Laptop-Computers während der vergleichenden direkten und indirekten Messung aufgezeigt wurden, als auch die von 20 zufällig (mittels einem Zufallszahlengenerator in Excel® 2002 (Firma Microsoft), so dass alle Zahlen die gleiche Chance hatten gewählt zu werden) ausgewählten Tieren, die während der indirekten Messung gespeichert wurden auf ihren Verlauf hin beurteilt und mit den protokolliertem Verlauf der Messung verglichen. Dabei wurde darauf geachtet, ob der Verlauf der Hüllkurve den Vorgaben des Herstellers für einen optimalen Verlauf entsprach (Bewertung mit gut) (Anhang, Abbildung 27 und 28) oder die Hüllkurve geringgradig von dem Verlauf abwich (Bewertung mit mäßig) (Anhang, Abbildung 29 und 30) oder der Verlauf völlig anders war (Bewertung mit schlecht) (Anhang, Abbildung 31 und 32). Nach dieser Bewertung wurde im Protokollblatt kontrolliert, ob die zu dieser Kurve gehörenden Werte in die Auswertung mit eingegangen sind, oder das Gerät auf dem Display eine Fehlermeldung angezeigt hat. Daraufhin konnte der Prozentsatz der Messungen, die zwar Werte auf dem Display ergaben, aber laut Kurvenbeurteilung nur Artefakte waren und der Anteil der Messungen, bei denen zwar eine Fehlermeldung im Display des Gerätes erschien, aber die Hüllkurve einen optimalen Verlauf der Messung anzeigte, bestimmt werden.

Nach der Beurteilung der Hüllkurven wurde erneut eine Regressionsberechnung durchgeführt, bei der allerdings Werte, deren Hüllkurven als mäßig oder schlecht bewertet wurden, ausgeschlossen wurden. Allein die Messwerte der vergleichend direkten-indirekten Messung die zu Hüllkurven mit gutem Verlauf zuzuordnen waren, gingen in diese Berechnung mit ein.

### **3.3 Ergebnisse**

#### **3.3.1 Indirekte Messung**

Von insgesamt 201 Tieren wurde Blutdruck von 175 Tieren allein mittels indirekter Methode gemessen.



### *3.3.1.1 Allgemeines und protokollierte Daten über Geschlecht, Rasse, Ernährungszustand, Art der Erkrankung, Gewicht und Alter der Tiere bei der indirekten Messung*

Fünf (2,85 %) der 175 Tiere wurden nicht in die Auswertung miteinbezogen, da hier aus verschiedenen Gründen Messwerte fehlten. Bei drei (1,71%) der fünf Kälber wurde die Messung wegen massiven Auftretens von nicht behebbaren Fehlermeldungen abgebrochen. Ein Tier (0,57 %) zeigte extreme Unruhe und stand auf. Es konnte auch nicht wieder abgelegt werden, so dass die Messungen an den Gliedmaßen bei diesem Tier abgebrochen werden mussten. Die Messungen am stehenden Tier am Schwanz wurden von diesem Kalb geduldet. Aufgrund von Castverbänden an beiden Vordergliedmaßen konnten bei einem Kalb an dieser Stelle keine Messwerte ermittelt werden, so dass von diesem Tier nur die Messwerte während des Wechselns der Verbände unter Narkose vorlagen.

87 Tiere (51 %) waren weiblich und 83 (49 %) der Tiere männlich.

151 (89 %) gehörten der Rasse Deutsches Fleckvieh an. Elf (6 %) Tiere wurden unter dem Begriff „Sonstige“ zusammengefasst (Charolais, Kreuzung und Schwarzbunte) und acht (5 %) waren Braunviehkälber. Der Ernährungszustand der untersuchten Kälber gliederte sich wie folgend auf: 38 Tiere (23 %) waren gut ernährt. 70 Tiere (41 %) besaßen einen mäßigen Ernährungszustand, 43 (25 %) wurden als schlecht ernährt eingestuft und 19 Tiere (11 %) waren kachektisch.

Zum Zeitpunkt der Messung litten 70 (41 %) der Tiere unter Durchfall. 44 (26 %) Kälber waren gesund, 22 (13 %) Tiere waren von einer Bronchopneumonie betroffen, 16 (9 %) hatten sonstige Befunde, sieben (4 %) litten an einer Nabelerkrankung, sechs (4 %) hatten eine Anämie als Hauptproblem und fünf (3 %) waren wegen Problemen an den Gliedmaßen in die Klinik gebracht worden. Alle diese Erkrankungen kamen auch in verschiedenen Kombinationen vor.

Das Gewicht der Versuchstiere schwankte in einem Bereich von 24,5 kg bis 96 kg. Der Mittelwert betrug 47,0 kg (Standardabweichung +/- 11,6 kg).

Das Alter variierte von zwei Tagen bei dem Jüngsten und 73 Tagen bei dem ältesten Tier. Der Mittelwert war 17,8 Tage (Standardabweichung: +/- 11,3 Tage).

Nach einer kurzen Eingewöhnungsphase, in der sich die Tiere an das Geräusch während des Aufpumpens der Manschette gewöhnen konnten, nahmen die Kälber, bis

auf das oben bereits erwähnte Tier, keine Notiz mehr von den Messungen. Auch das Anlegen der Manschette wurde von allen Tieren toleriert.

### 3.3.1.2 *Umfang der Messorte Schwanz, Vorder- und Hintergliedmaße bei der indirekten Messung*

Der Umfang der Gliedmaßen wurde protokolliert, damit ein Einfluss seitens dieses Parameters auf gemessene Blutdruckwerte überprüft werden konnte.

Der gemessene Umfang der Gliedmaßen ist in der Tabelle 1 dargestellt.

**Tabelle 1:** Umfang (in cm) von Schwanz, Vorder- und Hintergliedmaße an den jeweiligen Messorten bei der indirekten Messung (n=170)

	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>Median</b>	<b>s</b>
<b>Schwanz</b>	7,0	13,3	10,1	10,1	1,5
<b>Vordergliedmaße</b>	9,3	13,8	11,6	11,5	0,8
<b>Hintergliedmaße</b>	10,3	15,8	12,6	12,4	0,9

### 3.3.1.3 *Dauer der Messungen und Anzahl der benötigten Messungen für den Erhalt von fünf Messergebnissen sowie Anzahl der Messungen mit Fehlermeldungen der indirekten Messungen*

Durch die Protokollierung und Auswertung dieser Parameter sollte der günstigste Messort ermittelt werden, an welchem mit dem kürzesten Zeiteinsatz und den wenigsten Messungen mit Fehlermeldungen die gewünschten fünf Blutdruckwerte auf dem Display des indirekten Messsystems erhalten wurden.

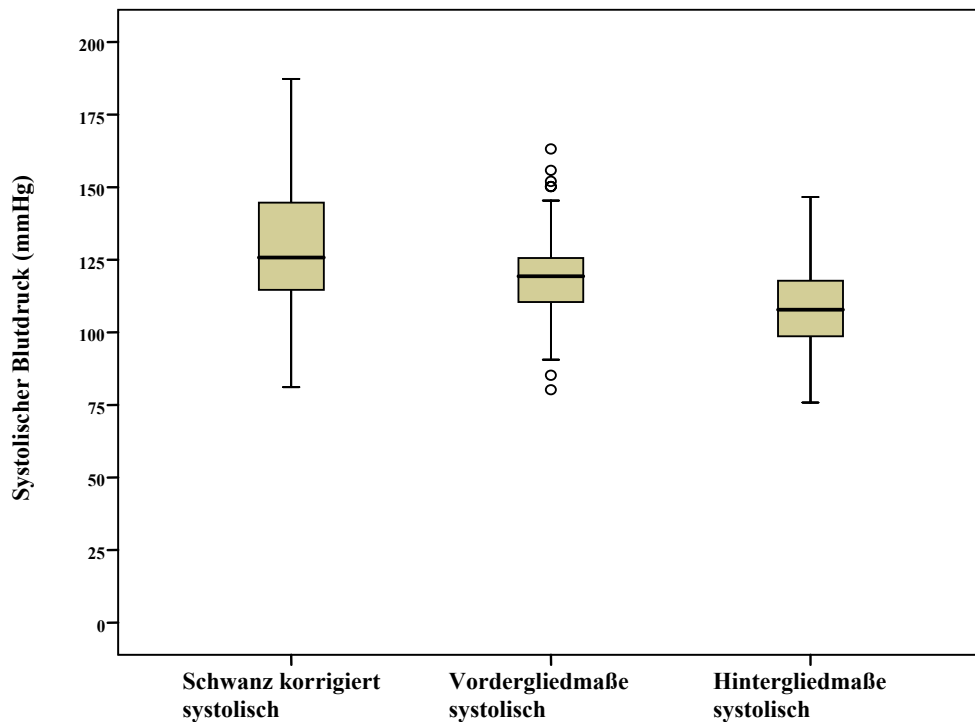
Die Unterschiede der Anzahl der Messungen mit Fehlermeldungen und somit auch der Anzahl der Messungen und der Dauer der Messungen an den einzelnen Messorten war statistisch signifikant (Kruskal-Wallis-Test:  $p < 0,001$ ).

**Tabelle 2:** Dauer der Messungen (in Minuten), Anzahl der Messungen und Anzahl der Messungen mit Fehlermeldungen an verschiedenen Messorten bei der indirekten Messung für den Erhalt von fünf auf dem Display des indirekten Messsystems angezeigten Blutdruckwerten (n=170)

		Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	s
<b>Schwanz</b>	<b>Dauer Messung</b>	3	19	7,4	6	3,3
	<b>Anzahl Messungen</b>	5	24	8,5	7	3,5
	<b>Anzahl Messungen mit Fehlermeldungen</b>	0	19	3,5	2	3,5
<b>Vordergliedmaße</b>	<b>Dauer Messung</b>	3	26,5	5,2	4,5	2,4
	<b>Anzahl Messungen</b>	5	28	6,0	5	2,5
	<b>Anzahl Messungen mit Fehlermeldungen</b>	0	23	1,0	0	2,5
<b>Hintergliedmaße</b>	<b>Dauer Messung</b>	2,5	23,5	6,0	5	2,7
	<b>Anzahl Messungen</b>	5	27	7,0	6	3,0
	<b>Anzahl Messungen mit Fehlermeldungen</b>	0	22	2,0	1	3,0

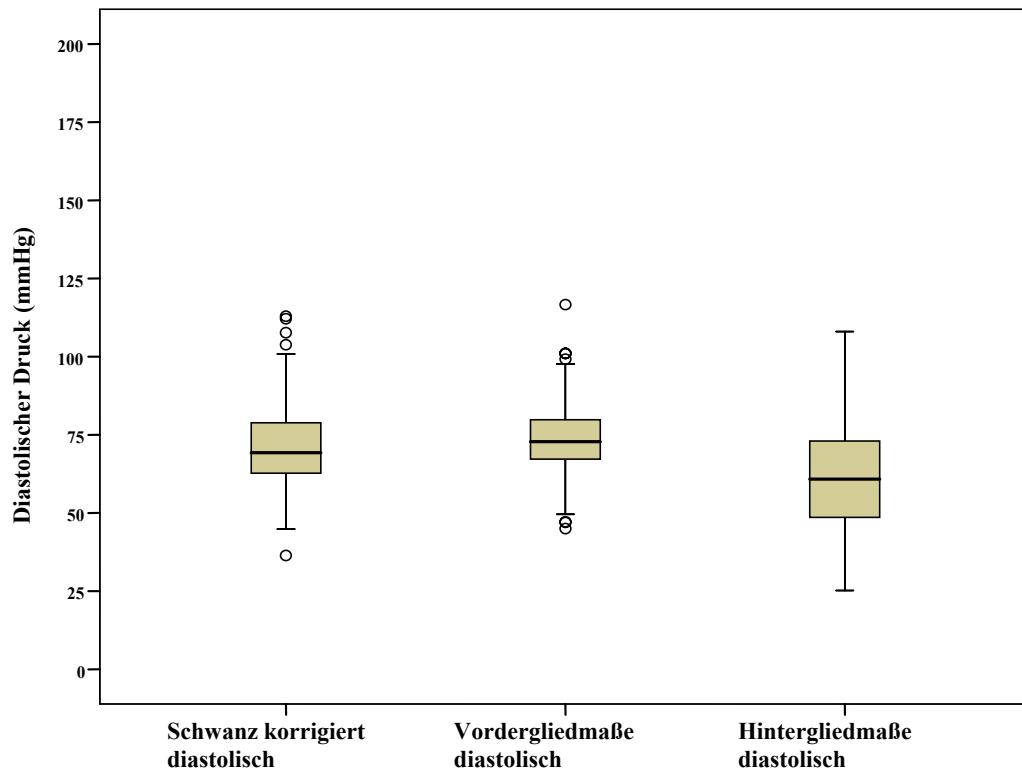
#### 3.3.1.4 Vergleich der mittels indirektem Verfahren ermittelten systolischen und diastolischen Blutdrücke an Schwanz, Vorder- und Hintergliedmaße von Kälbern

Eingegangen in diese Auswertung sind die mittels indirektem Verfahren ermittelten Mittelwerte von fünf Einzelblutdruckmessungen. Die Boxplots aus Abbildung 7 und Abbildung 8 geben eine Übersicht über die Lage der Messwerte und die Unterschiede zwischen den drei verschiedenen Messorten.



**Abbildung 7:** Mittels indirektem Verfahren ermittelte systolische Blutdrücke an Schwanz (auf Herzhöhe korrigiert), Vorder- und Hintergliedmaße von Kälbern (n=170)

Die Werte, welche an der Hintergliedmaße ermittelt wurden, waren am niedrigsten. Betrachtet man die Werte des systolischen Blutdruckes, wurden am Schwanz statistisch signifikant die höchsten Werte ermittelt (Kruskal-Wallis-Test:  $p < 0,001$ ). Vergleicht man jedoch die diastolischen, wurden an der Vordergliedmaße statistisch signifikant die höchsten gemessen (Kruskal-Wallis-Test:  $p < 0,001$ ) (siehe Abbildung 8).



**Abbildung 8:** Mittels indirektem Verfahren ermittelte diastolische Blutdrücke an Schwanz (auf Herzhöhe korrigiert), der Vorder- und Hintergliedmaße von Kälbern (n=170)

### 3.3.1.5 Beziehung zwischen den Mittelwerten der indirekt ermittelten systolischen und diastolischen Blutdruckwerte an den unterschiedlichen Messorten und Alter, Gewicht, Umfang der Gliedmaße der Kälber

Die in Tabelle 3 aufgeführten Korrelationskoeffizienten nach Spearman sind alle kleiner als 0,35. Diesen Werten zufolge besteht kein deutlicher Zusammenhang zwischen Alter, Gewicht und dem Umfang der Messstelle und der Höhe der ermittelten Blutdruckwerte.

**Tabelle 3:** Korrelationen zwischen Alter, Gewicht, Umfang der Gliedmaße und dem Mittelwert ( $\bar{x}$ ) der fünf gemessenen indirekten Werte (Korrelationskoeffizient nach Spearman) (n=170)

		Schwanz		Vordergliedmaße		Hintergliedmaße	
		systolisch	diastolisch	systolisch	diastolisch	systolisch	diastolisch
<b>Alter</b>	$\bar{x}$	0,234	0,227	0,284	0,152	0,110	0,059
<b>Gewicht</b>	$\bar{x}$	0,334	0,303	0,176	0,183	0,050	0,027
<b>Umfang</b>	$\bar{x}$	0,314	0,267	0,097	0,043	0,046	0,016

### 3.3.1.6 Unterschiede in Mittelwerten und Standardabweichung der indirekt ermittelten systolischen und diastolischen Blutdruckwerte an den unterschiedlichen Messorten nach den Variablen: Geschlecht, Ernährungszustand, Rasse, Krankheit und Manschette

Überprüft werden sollte ein Einfluss der aufgeführten Variablen auf die ermittelten Blutdruckwerte. Der Mittelwert wurde aus den fünf Werten der Einzelblutdruckmessungen gebildet.

**Tabelle 4:** Kruskal-Wallis Test (p-Wert) auf Unterschiede in Mittelwerten ( $\bar{x}$ ) der fünf gemessenen Werte nach Variablen: Geschlecht, Ernährungszustand, Rasse, Krankheit und Manschette (n=170)

	Schwanz		Vordergliedmaße		Hintergliedmaße	
	systo- lisch	diasto- lisch	systo- lisch	diasto- lisch	systo- lisch	diasto- lisch
<b>Geschlecht</b>	0,623	0,075	0,787	0,874	0,188	0,194
<b>Ernährungs- zustand</b>	0,384	0,032	0,235	0,038	0,506	0,184
<b>Rasse</b>	0,061	0,142	0,055	0,179	0,810	0,819
<b>Krankheiten</b>	0,214	0,047	0,581	0,081	0,490	0,512
<b>Manschette</b>	0,461	0,828	0,084	0,461	0,091	0,022

Nach Bonferroni-Korrektur wurde  $\alpha = 0,001$  gesetzt.

Da kein p-Wert kleiner als 0,020 ist, hat keine der aufgeführten Variablen einen bedeutenden Einfluss auf die Messungen mittels indirekter Methode.

Nach Ausschluss eines erheblichen Einflusses der verschiedenen Variablen auf den Blutdruck wurde die Präzision für die Messwerte der Messungen an den verschiedenen Messorten (Schwanz, Vordergliedmaße und Hintergliedmaße) überprüft.

### 3.3.1.7 Präzision der indirekten Messungen

Von den ermittelten Blutdruckwerten der indirekten Messung wurde, wie bereits oben beschrieben, der Mittelwert gebildet und die Standardabweichung mittels Excel® 2002 (Firma Microsoft) errechnet. Diese wurden dann zur Bildung des Variationskoeffizienten genutzt.

**Tabelle 5:** Mittelwert ( $\bar{x}$ ), Standardabweichung (s) und Variationskoeffizient (VK) des indirekt gemessenen Blutdruckes an Schwanz (auf Herzhöhe korrigiert), Vordergliedmaße und Hintergliedmaße von Kälbern (n = 170)

	$\bar{x}$	s	VK (%)
<b>Schwanz korrigiert systolisch</b>	129,2	24,7	19,1
<b>Schwanz korrigiert diastolisch</b>	71,7	17,9	25,0
<b>Vordergliedmaße systolisch</b>	118,9	15,0	12,6
<b>Vordergliedmaße diastolisch</b>	73,9	14,2	19,2
<b>Hintergliedmaße systolisch</b>	108,0	18,1	16,7
<b>Hintergliedmaße diastolisch</b>	60,4	18,4	30,6

An der Hintergliedmaße streuten die gemessenen Blutdruckwerte diastolisch 30,6 % um den Mittelwert, während an der Vordergliedmaße systolisch die kleinste Streuung mit 12,6 % vorlag.

**Tabelle 6:** Mediane, Mittelwerte der intraindividuellen Standardabweichung und Prozentsatz der Messungen bei denen die intraindividuelle Standardabweichung über 8 mmHg lag, ermittelt mit indirekten Messungen (n=170)

		<b>Median der Standardab- weichung</b>	<b>Mittelwert der Standardab- weichung</b>	<b>% der Messungen Standard- abweichung &gt; 8 mmHg</b>
<b>Schwanz</b>	<b>systolisch</b>	11,9	13,7	68,8
	<b>diastolisch</b>	6,7	10,1	45,3
<b>Vorderglied- maße</b>	<b>systolisch</b>	4,2	6,3	21,8
	<b>diastolisch</b>	5,3	7,0	24,1
<b>Hinterglied- maße</b>	<b>systolisch</b>	6,1	8,9	37,1
	<b>diastolisch</b>	5,9	8,6	34,7

### 3.3.2 Direkte Messung

#### 3.3.2.1 *Allgemeines und protokollierte Daten über Geschlecht, Rasse, Ernährungszustand, Art der Erkrankung, Gewicht und Alter der Tiere bei der direkten Messung*

26 der 201 Tiere wurden vergleichend direkt und indirekt gemessen. Drei dieser 26 Tiere wurden nicht in die endgültige Auswertung miteinbezogen. Bei diesen Kälbern wurden die Messungen an der Hintergliedmaße nach mindestens 15 und maximal 24 Messungen mit Fehlermeldungen, welche hintereinander erfolgten, abgebrochen.

#### 3.3.2.2 *Umfang der Messorte Schwanz, Vorder- und Hintergliedmaße bei der direkten Messung*

Der Umfang der Messstelle an der Gliedmaße ist in Tabelle 7 dargestellt.



**Tabelle 7:** Kennwerte des Umfanges (in cm) der Messorte Schwanz, Vorder- und Hintergliedmaße bei der vergleichenden direkten-indirekten Messung (n = 23)

	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>Median</b>
<b>Schwanz</b>	8,4	12,2	10,3	10,2
<b>Vordergliedmaße</b>	9,3	13,5	11,3	11,7
<b>Hintergliedmaße</b>	9,7	14,9	12,4	12,5

### 3.3.2.3 Dauer der Messungen und Anzahl der benötigten Messungen für den Erhalt von fünf Messergebnissen sowie Anzahl der Fehlermeldungen der vergleichenden Messungen

Bei den vergleichenden direkten-indirekten Messungen am narkotisierten Tier (Tabelle 8) ergaben sich nicht die gleichen Verhältnisse in Bezug auf Dauer und Anzahl der Messungen und Anzahl der Messungen mit Fehlermeldungen wie am wachen Tier (vergleiche mit Tabelle 2). Die Vordergliedmaße war nach wie vor die Gliedmaße mit der geringsten Anzahl an Messungen mit Fehlermeldungen. Betrachtet man jedoch die Dauer der Messungen, so zeigt sich, dass die Mittelwerte der Vordergliedmaße und des Schwanzes sich kaum unterschieden und allein das Maximum der Dauer an der Vordergliedmaße wesentlich geringer war als am Schwanz.

Die Unterschiede der Anzahl der Messungen mit Fehlermeldungen und somit auch der Anzahl der Messungen und der Dauer der Messungen an den einzelnen Messorten war statistisch nicht signifikant (Kruskal-Wallis-Test:  $p > 0,1$ ).

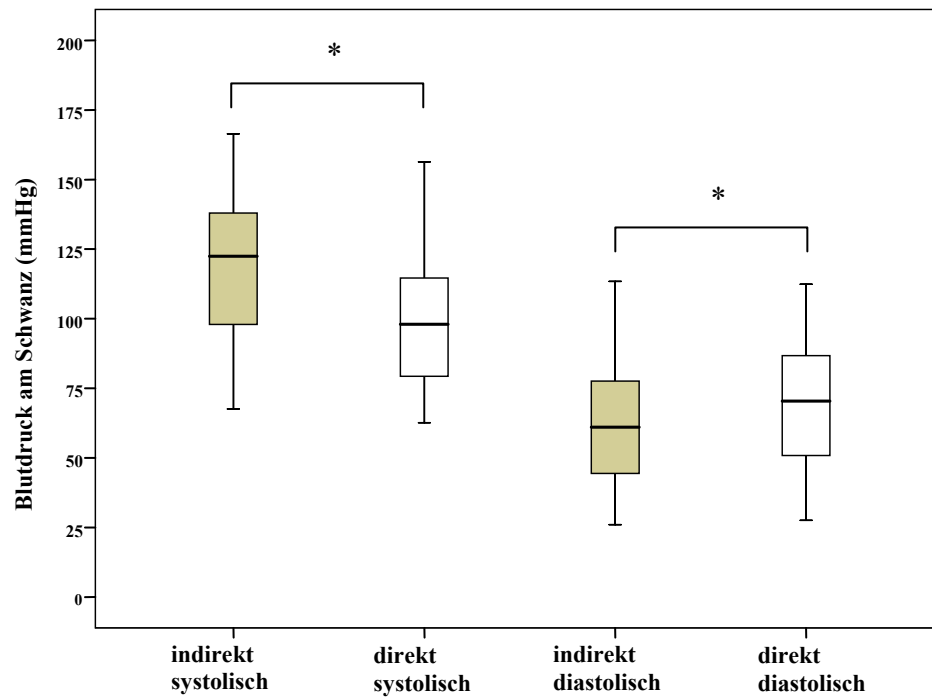
**Tabelle 8:** Dauer der Messung (in Minuten), Anzahl der Messung und Anzahl der Messungen mit Fehlermeldungen an den Messorten Schwanz, Vorder- und Hintergliedmaße bei der vergleichend direkten-indirekten Messung für den Erhalt von fünf auf dem Display des indirekten Messsystems angezeigten Blutdruckwerten (n = 23)

		Minimum	Maximum	Mittelwert	Median	s
<b>Schwanz</b>	<b>Dauer Messung</b>	4	23,5	5,78	5	4,0
	<b>Anzahl Messung</b>	5	25	6,26	5	4,2
	<b>Anzahl der Messungen mit Fehlermeldungen</b>	0	20	1,26	0	4,2
<b>Vordergliedmaße</b>	<b>Dauer Messung</b>	4	13	5,80	5	2,4
	<b>Anzahl Messung</b>	5	14	6,04	5	2,3
	<b>Anzahl der Messungen mit Fehlermeldungen</b>	0	9	1,04	0	2,3
<b>Hintergliedmaße</b>	<b>Dauer Messung</b>	4	24	8,89	5	6,5
	<b>Anzahl Messung</b>	5	25	9,17	5	6,5
	<b>Anzahl der Messungen mit Fehlermeldungen</b>	0	20	4,17	0	6,5

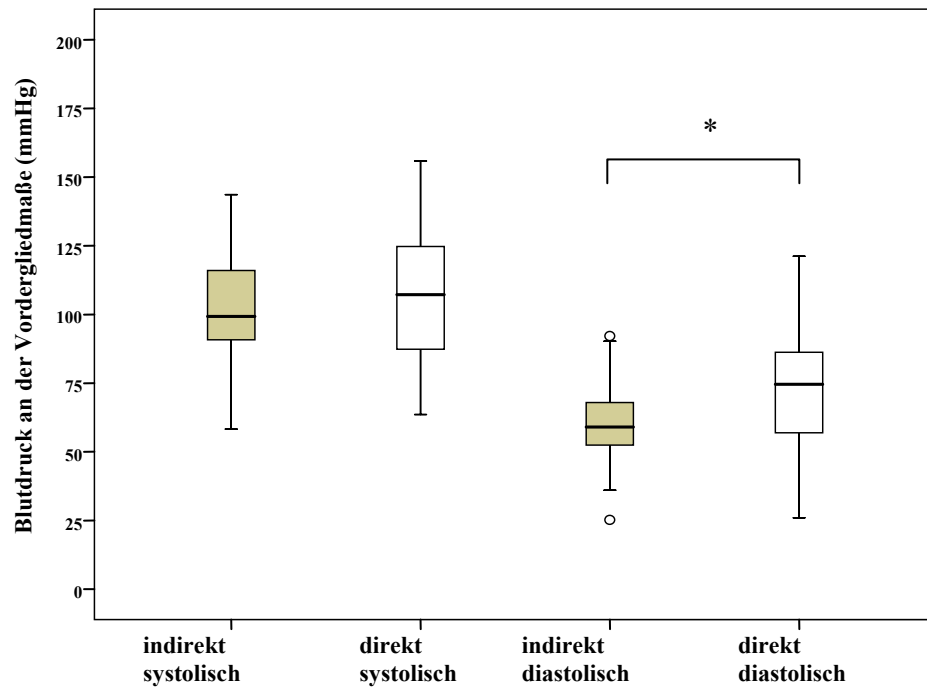
#### 3.3.2.4 Gegenüberstellung der mittels direktem und indirektem Verfahren ermittelten systolischen und diastolischen Blutdrücke an den unterschiedlichen Messorten

Die indirekt ermittelten Werte der unterschiedlichen Messorte wurden zu einem zeitgleich, mittels in die A. carotis eingeführtem Tip-Katheter ermittelten, direkten Blutdruckwert in Bezug gesetzt.

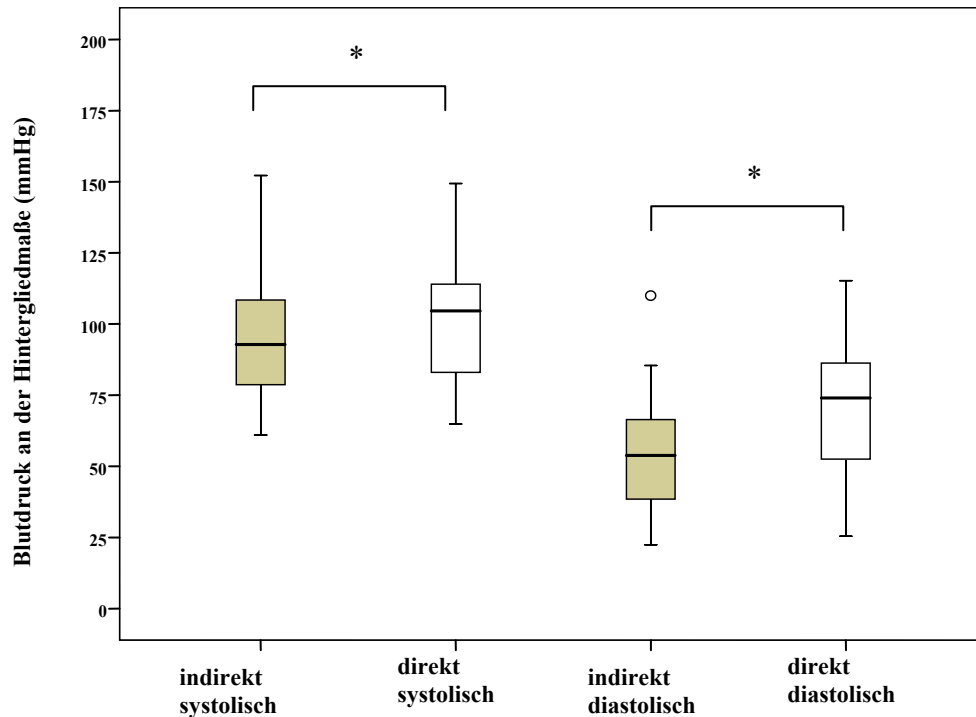
Die Verteilung der Blutdruckwerte ist aus den Abbildungen 9 bis 11 ersichtlich. Der diastolische Wert der direkten Messung war immer höher als der der indirekten Messung. Der systolische Wert war bei der direkten Messung am Schwanz niedriger als sein Vergleichswert der indirekten Messung, die an der Vorder- und Hintergliedmaße gemessenen systolischen Werte waren jedoch wie der diastolische Wert höher als der indirekt ermittelte.



**Abbildung 9:** Gegenüberstellung der mittels indirektem Blutdruckmessverfahren ermittelten systolischen und diastolischen Blutdrücke am Schwanz der Kälber, mit denen eines direkten Messverfahrens in der A. carotis (n=23) \*: signifikante Unterschiede zwischen den zwei Messarten



**Abbildung 10:** Gegenüberstellung der mittels indirektem Blutdruckmessverfahren ermitteltem systolischen und diastolischen Blutdrücke an der Vordergliedmaße der Kälber, mit denen eines direkten Messverfahrens in der A. carotis (n=23) \*: signifikante Unterschiede zwischen den zwei Messarten



**Abbildung 11:** Gegenüberstellung der mittels indirektem Blutdruckmessverfahren ermittelten systolischen und diastolischen Blutdrücke an der Hintergliedmaße der Kälber, mit denen eines direkten Messverfahrens in der A. carotis (n=23) \*: signifikante Unterschiede zwischen den zwei Messarten

### 3.3.2.5 Spearman-Korrelationskoeffizienten und Ergebnisse des Wilcoxon-Testes für die vergleichende direkte-indirekte Messung

Mit diesen beiden Parametern sollte die Übereinstimmung der Blutdruckwerte zwischen direkter und indirekter Messung überprüft werden.

Vergleicht man die Spearman-Korrelationskoeffizienten, stellt man fest, dass nur beim diastolischen Wert an der Vordergliedmaße ein Zusammenhang zwischen direkten und indirekten Werten gesehen werden konnte (Tabelle 9).

**Tabelle 9:** Spearman-Korrelationskoeffizienten an den verschiedenen Messorten bei dem Vergleich der Mittelwerte der vergleichend direkt-indirekten Messungen (n=23)

		<b>Spearmankorrelations- koeffizient (<math>\rho</math>)</b>
<b>Schwanz</b>	systolisch	0,374
	diastolisch	0,597
<b>Vordergliedmaße</b>	systolisch	0,468
	diastolisch	0,691 (p=0,000)
<b>Hintergliedmaße</b>	systolisch	0,526
	diastolisch	0,272

Betrachtet man die Differenzen der vergleichenden direkten-indirekten und den indirekten Messungen, so ist mittels Wilcoxon-Test immer ein Unterschied zwischen den indirekten und den parallel ermittelten direkten Werten ersichtlich. Allein die systolischen Werte, die an der Vordergliedmaße gemessen wurden, zeigten keinen bedeutenden Unterschied auf (Tabelle 10).

**Tabelle 10:** Vergleich von Median, Maximum, Minimum und Ergebnisse des Wilcoxon-Tests zwischen indirekter und direkter Blutdruckmessung an den Messorten Schwanz, Vordergliedmaße und Hintergliedmaße (n=23)

		Median	Minimum	Maximum	Wilcoxon-Test
Schwanz indirekt	systolisch	120	66	175	p=0,006
Schwanz direkt		98	57	162	
Schwanz indirekt	diastolisch	57	21	122	p=0,094
Schwanz direkt		71	23	122	
Vordergliedmaße indirekt	systolisch	99	56	158	p=0,191
Vordergliedmaße direkt		107	63	158	
Vordergliedmaße indirekt	diastolisch	58	19	98	p=0,002
Vordergliedmaße direkt		76	25	124	
Hintergliedmaße indirekt	systolisch	94	56	157	p=0,083
Hintergliedmaße direkt		104	64	151	
Hintergliedmaße indirekt	diastolisch	51	17	115	p=0,009
Hintergliedmaße direkt		75	21	118	

Aufgrund der Ergebnisse des Wilcoxon-Tests und des Korrelationskoeffizienten nach Spearman wurden die Werte der Vordergliedmaße erneut auf Normalverteilung betrachtet. Die Ergebnisse des Kolmogorov-Smirnov-Tests deuten auf eine

Normalverteilung ( $p > 0,05$ ) hin. Daraufhin wurde der Korrelationskoeffizient nach Pearson bestimmt und eine Regressionsanalyse durchgeführt.

Folgende Funktionsgleichungen für die Regressionsgeraden wurden ermittelt:

$$\begin{aligned} \text{Vordergliedmaße indirektes System systolisch} &= 68,47 + 0,330 * \text{Vordergliedmaße systolisch} \\ r &= 0,417 \qquad R^2 = 0,174 \end{aligned}$$

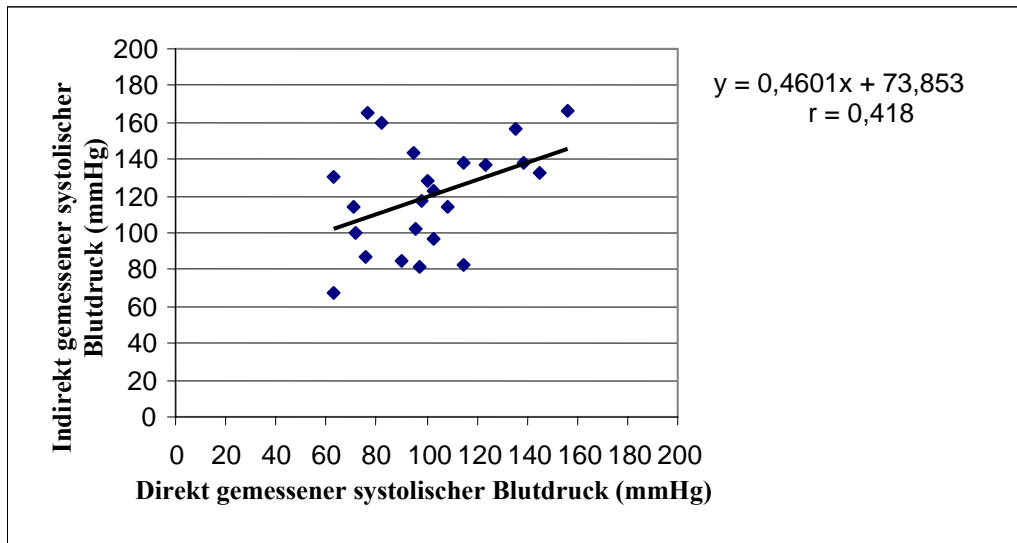
$$\begin{aligned} \text{Vordergliedmaße indirektes System diastolisch} &= 21,145 + 0,520 * \text{Vordergliedmaße diastolisch} \\ r &= 0,742 \qquad R^2 = 0,550 \end{aligned}$$

Die hier in der Regression erhaltenen Werte weisen in die gleiche Richtung, wie die in den zuerst durchgeführten konservativen Tests.

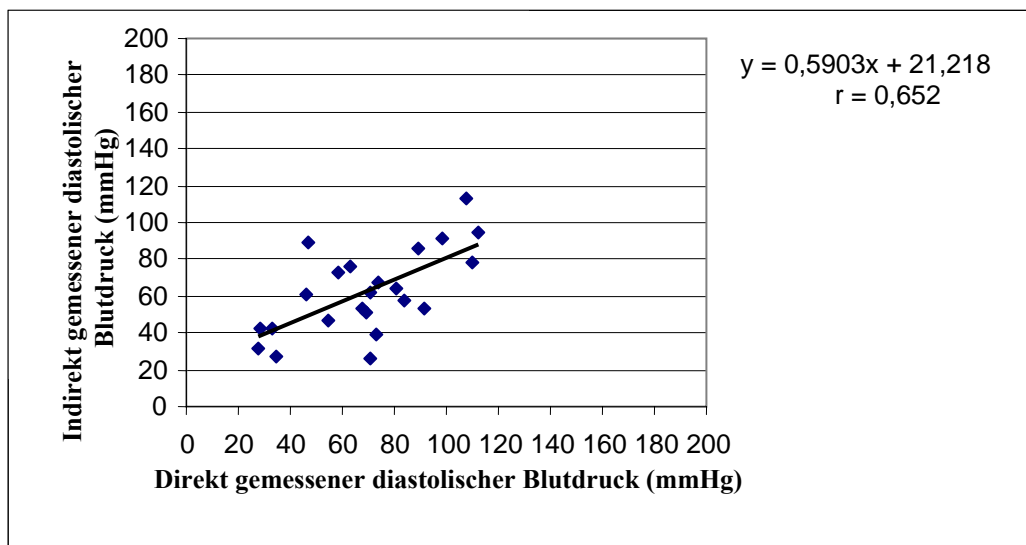
#### 3.3.2.6 *Regressionsanalyse*

Zur Regressionsanalyse der Blutdruckwerte beider Messmethoden wurde die direkte Messung als Referenzmethode herangezogen und die Messung mittels indirektem System dazu als abhängige Variable in Bezug gesetzt. Die zugehörigen grafischen Darstellungen für die unterschiedlichen Messorte mit je einer Abbildung für die systolischen und die diastolischen Blutdruckwerte (Streudiagramme mit eingezeichneten Regressionsgeraden und -gleichungen) werden auf den folgenden Seiten abgebildet (Abbildungen 12 bis 17).

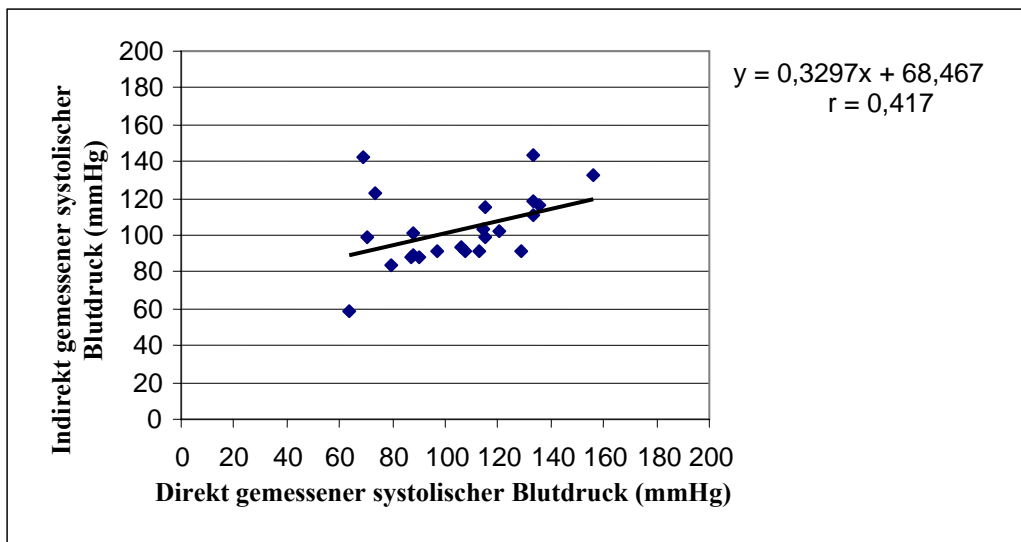




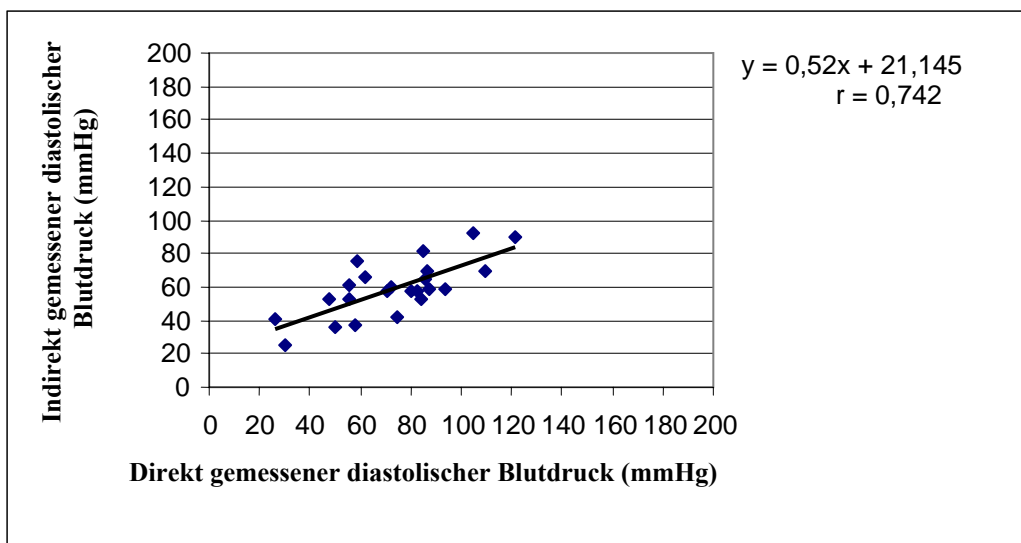
**Abbildung 12:** Verteilung der Wertepaare (indirekt gemessener Blutdruck und direkt gemessener Blutdruck) mit eingezeichneter Regressionsgeraden und -gleichung für die Messung des systolischen Blutdruckes am Schwanz (n=23)



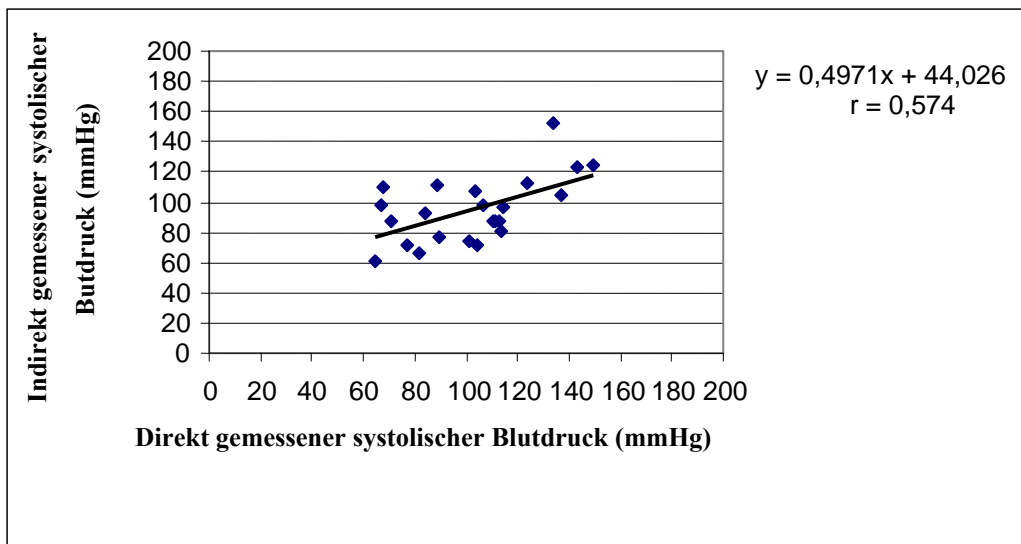
**Abbildung 13:** Verteilung der Wertepaare (indirekt gemessener Blutdruck und direkt gemessener Blutdruck) mit eingezeichneter Regressionsgeraden und -gleichung für die Messung des diastolischen Blutdruckes am Schwanz (n=23)



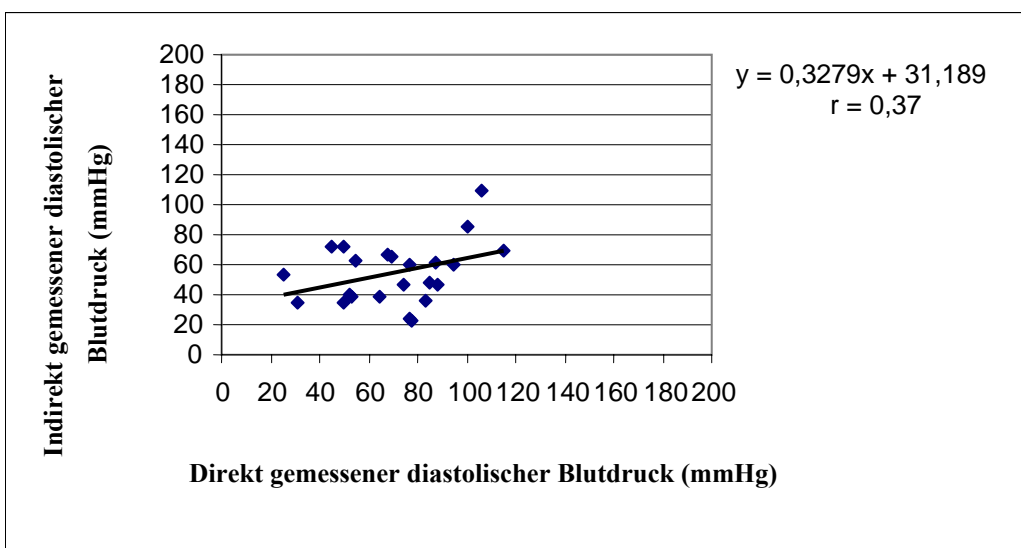
**Abbildung 14:** Verteilung der Wertepaare (indirekt gemessener Blutdruck und direkt gemessener Blutdruck) mit eingezeichneter Regressionsgeraden und -gleichung für die Messung des systolischen Blutdruckes an der Vordergliedmaße (n=23)



**Abbildung 15:** Verteilung der Wertepaare (indirekt gemessener Blutdruck und direkt gemessener Blutdruck) mit eingezeichneter Regressionsgeraden und -gleichung für die Messung des diastolischen Blutdruckes an der Vordergliedmaße (n=23)



**Abbildung 16:** Verteilung der Wertepaare (indirekt gemessener Blutdruck und direkt gemessener Blutdruck) mit eingezeichneter Regressionsgeraden und -gleichung für die Messung des systolischen Blutdruckes an der Hintergliedmaße (n=23)



**Abbildung 17:** Verteilung der Wertepaare (indirekt gemessener Blutdruck und direkt gemessener Blutdruck) mit eingezeichneter Regressionsgeraden und -gleichung für die Messung des diastolischen Blutdruckes an der Hintergliedmaße (n=23)

### 3.3.2.7 Beurteilung der Hüllkurven des indirekten Messsystems

Die Ergebnisse der Beurteilung der Hüllkurven sind in den folgenden Tabellen zusammengefasst.

**Tabelle 11:** Auswertung der Hüllkurven der vergleichenden direkten-indirekten Messungen (n=23)

Messort	Beurteilung der Hüllkurve	Messwerte auf dem Display angezeigt		Fehlermeldung auf dem Display angezeigt	
		Anzahl Auswertungen	Insgesamt	Anzahl Auswertungen	Insgesamt
<b>Schwanz (insgesamt 144 Kurven)</b>	<b>gut</b>	76 (66,1 %)	115 (79,9 %)	0	29 (20,1 %)
	<b>mäßig</b>	32 (27,8 %)		3 (10,3 %)	
	<b>schlecht</b>	7 (6,1 %)		26 (89,7 %)	
<b>Vordergliedmaße (insgesamt 139 Kurven)</b>	<b>gut</b>	95 (82,6 %)	115 (82,7 %)	3 (12,5 %)	24 (17,3 %)
	<b>mäßig</b>	10 (8,7 %)		0	
	<b>schlecht</b>	10 (8,7 %)		21 (87,5 %)	
<b>Hintergliedmaße (insgesamt 211 Kurven)</b>	<b>gut</b>	84 (73,0 %)	115 (54,5 %)	6 (6,2 %)	96 (45,5 %)
	<b>mäßig</b>	13 (11,3 %)		14 (14,6 %)	
	<b>schlecht</b>	18 (15,7 %)		76 (79,2 %)	

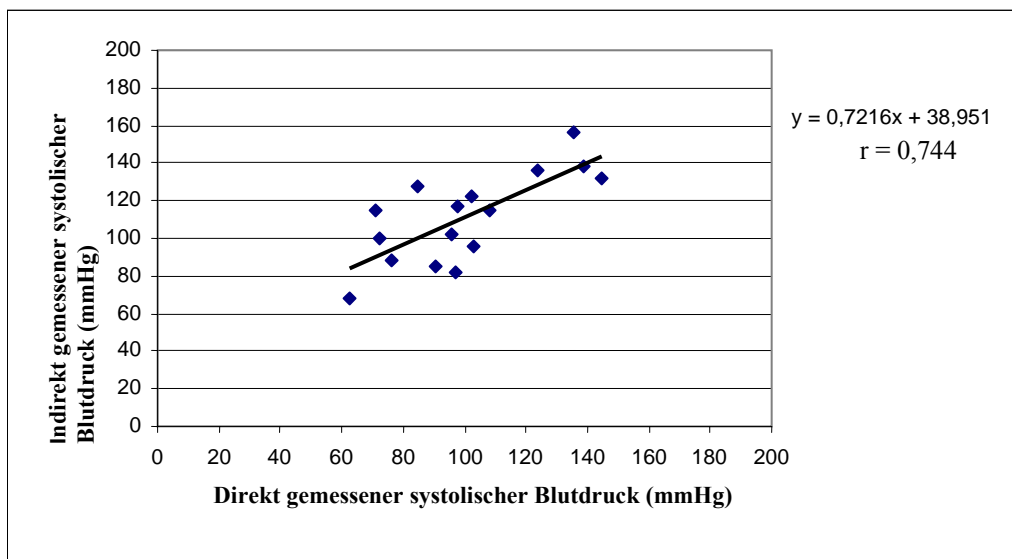
**Tabelle 12:** Auswertung der Beurteilung der Hüllkurven von zufällig ausgewählten Kälbern der indirekten Messung (n=20)

Messort	Beurteilung der Hüllkurve	Messwerte auf dem Display angezeigt		Fehlermeldung auf dem Display angezeigt	
		Anzahl Auswertungen	insgesamt	Anzahl Auswertungen	insgesamt
<b>Schwanz (insgesamt 166 Kurven)</b>	<b>gut</b>	50 (50 %)	100 (60,2 %)	0	66 (39,8 %)
	<b>mäßig</b>	32 (32 %)		3 (4,6 %)	
	<b>schlecht</b>	18 (18 %)		63 (95,4 %)	
<b>Vordergliedmaße (insgesamt 129 Kurven)</b>	<b>gut</b>	85 (85 %)	100 (77,5 %)	3 (10,3 %)	29 (22,5 %)
	<b>mäßig</b>	12 (12 %)		1 (3,5 %)	
	<b>schlecht</b>	3 (3 %)		25 (86,2 %)	
<b>Hintergliedmaße (insgesamt 137 Kurven)</b>	<b>gut</b>	73 (73 %)	100 (73 %)	1 (2,7 %)	37 (27 %)
	<b>mäßig</b>	21 (21 %)		4 (10,8 %)	
	<b>schlecht</b>	6 (6 %)		32 (86,5 %)	

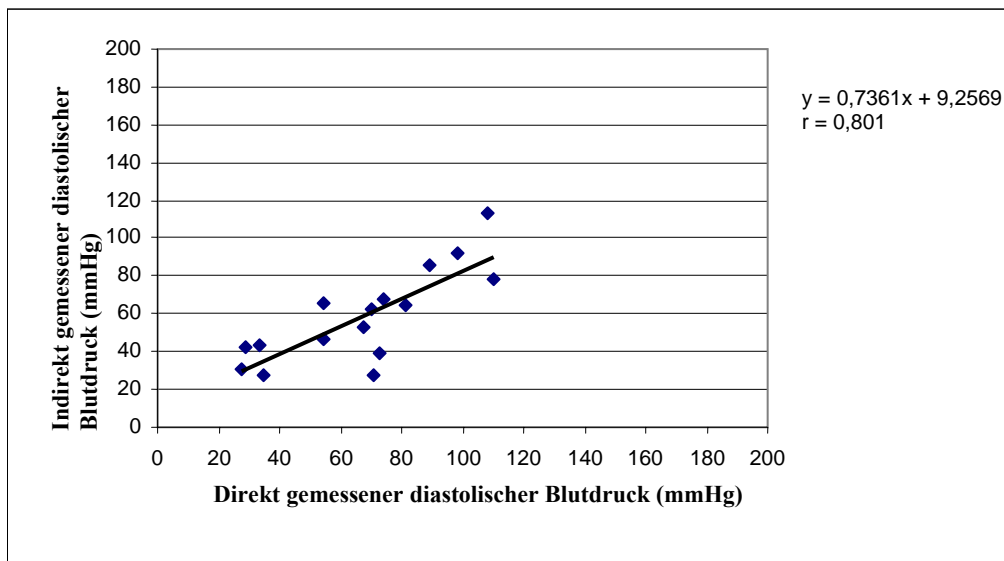
### 3.3.2.8 Erneute Regressionsberechnung

Nach Beurteilung der Hüllkurven wurde erneut eine Regressionsberechnung durchgeführt, allerdings nur mit den Werten, deren Hüllkurven einen guten Verlauf aufwiesen. Die Werte mit zugehörigen mäßigen oder schlechten Hüllkurven wurden hier ausgeschlossen.

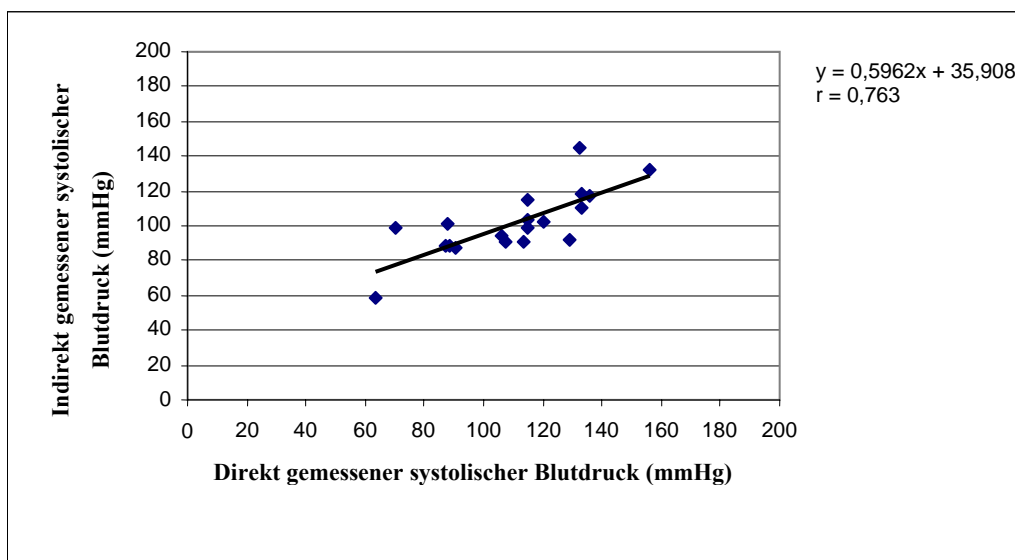
Die zugehörigen grafischen Darstellungen für die unterschiedlichen Messorte mit je einer Abbildung für die systolischen und die diastolischen Blutdruckwerte (Streudiagramme mit eingezeichneten Regressionsgeraden und -gleichungen) werden auf den folgenden Seiten abgebildet (Abbildung 18 bis Abbildung 23).



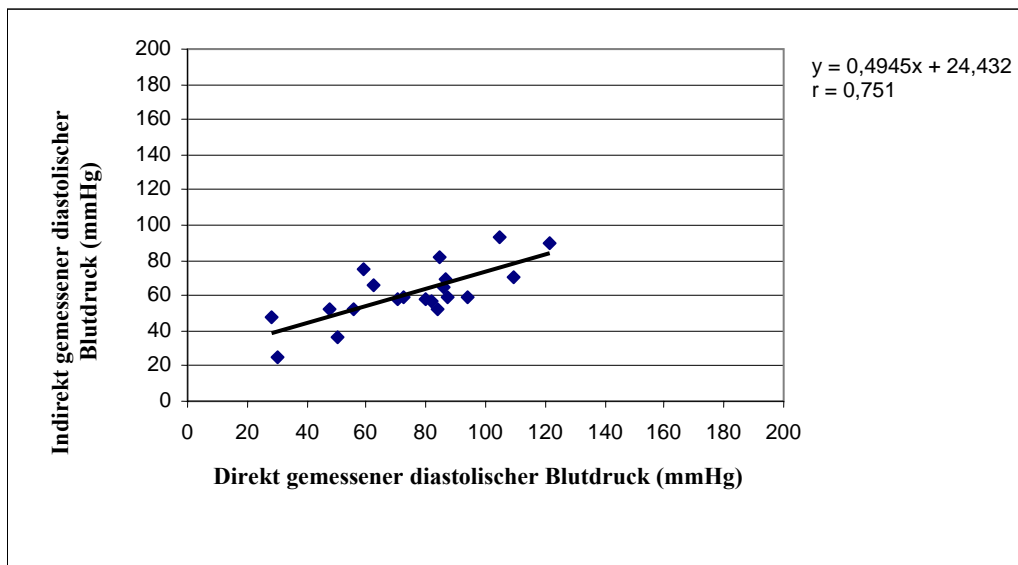
**Abbildung 18:** Verteilung der Wertepaare (indirekt gemessener Blutdruck und direkt gemessener Blutdruck) mit eingezeichneter Regressionsgeraden und -gleichung für die Messung des systolischen Blutdruckes am Schwanz nach Ausschluss der Werte der schlechten und mäßigen Hüllkurven



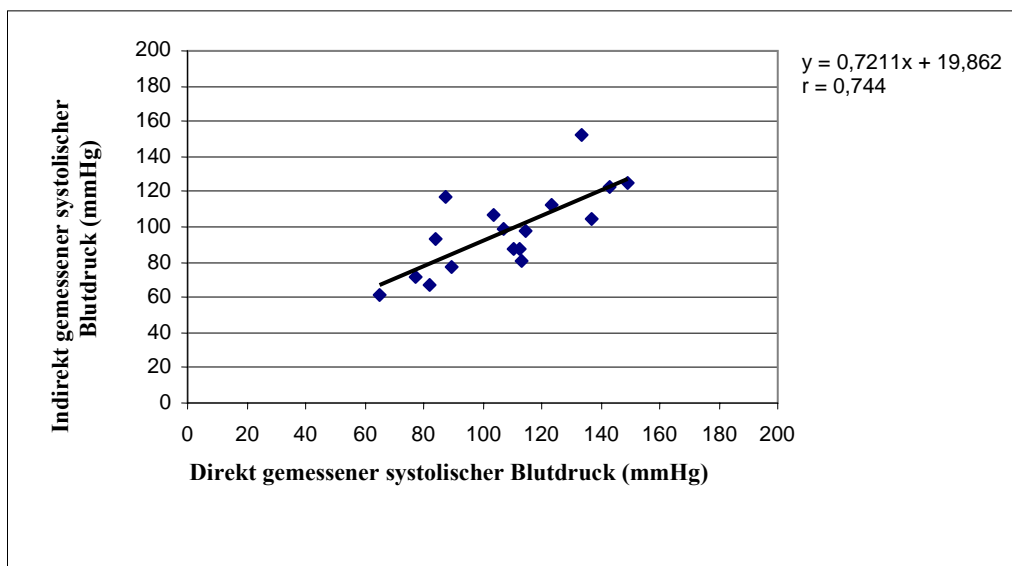
**Abbildung 19:** Verteilung der Wertepaare (indirekt gemessener Blutdruck und direkt gemessener Blutdruck) mit eingezeichneter Regressionsgeraden und -gleichung für die Messung des diastolischen Blutdruckes am Schwanz nach Ausschluss der Werte der schlechten und mäßigen Hüllkurven



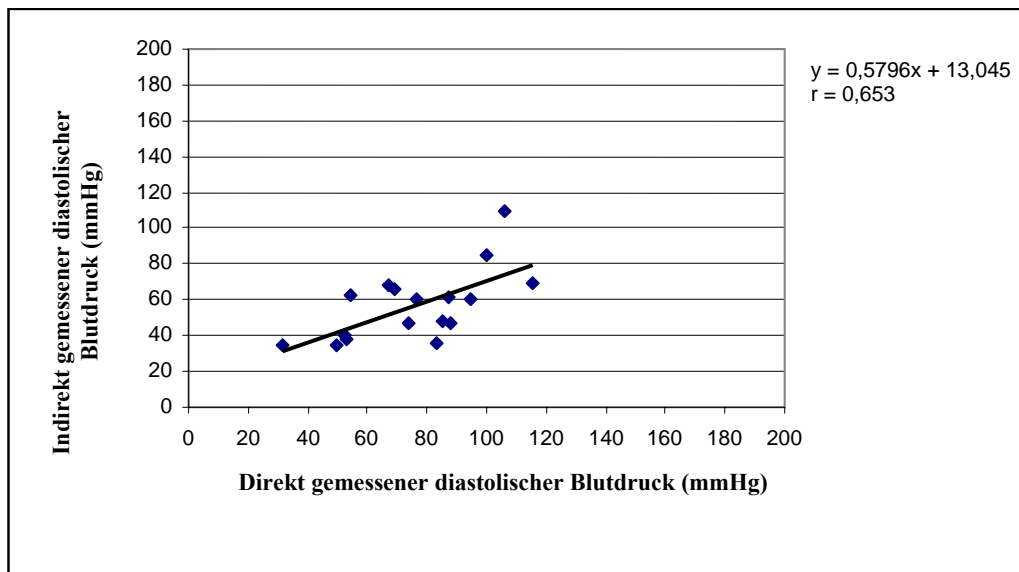
**Abbildung 20:** Verteilung der Wertepaare (indirekt gemessener Blutdruck und direkt gemessener Blutdruck) mit eingezeichneter Regressionsgeraden und -gleichung für die Messung des systolischen Blutdruckes an der Vordergliedmaße nach Ausschluss der Werte der schlechten und mäßigen Hüllkurven



**Abbildung 21:** Verteilung der Wertepaare (indirekt gemessener Blutdruck und direkt gemessener Blutdruck) mit eingezeichneter Regressionsgeraden und -gleichung für die Messung des diastolischen Blutdruckes an der Vordergliedmaße nach Ausschluss der Werte der schlechten und mäßigen Hüllkurven



**Abbildung 22:** Verteilung der Wertepaare (indirekt gemessener Blutdruck und direkt gemessener Blutdruck) mit eingezeichneter Regressionsgeraden und -gleichung für die Messung des systolischen Blutdruckes an der Hintergliedmaße nach Ausschluss der Werte der schlechten und mäßigen Hüllkurven



**Abbildung 23:** Verteilung der Wertepaare (indirekt gemessener Blutdruck und direkt gemessener Blutdruck) mit eingezeichneter Regressionsgeraden und -gleichung für die Messung des diastolischen Blutdruckes an der Hintergliedmaße nach Ausschluss der Werte der schlechten und mäßigen Hüllkurven



## 4 **Diskussion**

Die indirekte Blutdruckmessung ist bei anderen Tierarten, vor allem in der Kleintiermedizin, mittlerweile zu einem erfolgreich angewendeten Mittel zur Bestimmung des Blutdruckes geworden. Beim Kalb hat sich diese Methode jedoch noch nicht durchgesetzt. Da die direkte Methode in der Handhabung erheblich aufwendiger ist, wurde sie beim Kalb bisher in der Routinepraxis wenig beachtet.

In der vorliegenden Studie wurde ein Prototyp eines nach den Prinzipien der High Definition Oszillometrie arbeitenden Gerätes getestet. Mittels der Ergebnisse der indirekten Messungen sollte die Akzeptanz, die Anwendbarkeit, ein eventueller Einfluss von Parametern wie Alter, Geschlecht, Gewicht und Krankheiten auf die Blutdruckmessung und die Präzision des Gerätes überprüft werden. Mittels direkter-indirekter Vergleichsmessungen überprüfte man die Richtigkeit der indirekt ermittelten Werte.

Die Tiere entstammten dem Patientengut der Klinik für Wiederkäuer in Oberschleißheim. Sie wurden willkürlich unter den Patienten ausgesucht und auf Ex- und Inklusionskriterien hin für die Messung als geeignet angesehen oder schieden aus. Als Referenzmethode zur Bestimmung der Richtigkeit des indirekten Messsystems wurde eine invasive Messung mittels Katheter-Tip-Manometer in der A. carotis herangezogen. ROESE (1997) verwendete diese Methode mit gleicher Lokalisation im Rahmen ihres Dissertationsprojektes und verglich die ermittelten Werte mit Blutdruckwerten einer indirekten Messung am Schwanz von Kälbern. In der Literatur wird diese Methode häufig als Goldstandard erwähnt, jedoch wiesen die Autoren immer wieder auf mögliche Fehlerquellen bei dieser Methode hin (BODEY et al., 1994; MEURS et al., 1996). Diese Fehlerquellen durch technisches Versagen oder unruhige Tiere (BODEY et al., 1994) sind in vorliegender Studie allerdings so gering wie möglich gehalten oder ganz ausgeschaltet worden. Die Kontrolle der Gerätschaften erfolgte durch regelmäßigen Selbsttest des Monitors, sorgfältige Eichung des Katheters unmittelbar vor jeder Messung und regelmäßige Wartung der verwendeten Geräte. Da immer die gleichen zwei Personen den Katheter in das Gefäß einführten und dabei auf eine gleiche Einföhrungslänge achteten, kann man auch

eventuelle Einflüsse, die durch unterschiedliche Lage des Katheters, wie von KLÖPZIG (1990) beschrieben wurden, ausschließen. Weil die vergleichenden Messungen unter Narkose stattfanden, konnten auch keine Probleme mit Abwehrbewegungen oder sonstigen Unruhezuständen auftreten. Aufgrund der Möglichkeit, dass auch einzelne Werte der direkten Messung trotzdem vom tatsächlichen Blutdruck abweichen konnten, sind jeweils die Mittelwerte von fünf Einzelmessungen miteinander verglichen worden, damit der Einfluss von Ausreißern gemildert wurde.

Eine einheitlich empfohlene Messstelle gibt es weder für die direkte noch für die indirekte Messung.

Für die direkte Blutdruckmessung werden in der Literatur verschiedene Stellen angegeben. KLÖPZIG (1990) beschrieb die Katheterisierung der A. caudalis mediana als unsicher und nur mit kleinen Kanülen durchführbar, so dass diese Methode für die Einführung eines Katheter-Tip-Manometers unbrauchbar schien. Die geeignetste Stelle schien daher die A. carotis zu sein, da hier ein großlumiges Gefäß an einer relativ leicht zu erreichenden Stelle vorhanden war (HECKERT et al., 1999). Ein weiterer Vorteil dieser Messlokalisation bestand darin, dass man während der vergleichenden Messung ungehindert die Manschette des indirekten Systems von einem Messort zum anderen wechseln konnte und so beide Methoden gut miteinander harmonisierten.

Für das Anlegen einer Manschette ist eine zylindrisch geformte Messstelle optimal. Die Arterie sollte groß genug sein und dicht unter der Haut liegen, von möglichst wenig Gewebe umgeben und von Knochen unterlegt sein (GRAUWILER et al., 1958). Die Lokalisationen der Manschette bei der indirekten Methode wurden nach Berichten aus der Literatur gewählt. Der Messort Schwanz beim Rind wurde von einigen Autoren beschrieben (GÖTZE, 1920 a; WERNER et al., 1977 a, b; ROESE, 1997). ROESE (1997) beschrieb die erhaltenen Messwerte beim Kalb als nicht absolut genau aber mit ausreichend hoher Korrelation zu den direkt gemessenen Werten. Auch an den Gliedmaßen wurden schon Messungen mittels eines von WERNER entwickelten Drehzeigerinstrumentes unter Zuhilfenahme einer Manschette beim Rind vorgenommen (WERNER et al., 1977 a, b). Die Autoren erklärten die Gliedmaßen jedoch für Messungen am stehenden Tier als ungeeignet, da es durch Balancebewegungen zu vielen Artefakten kam. Da es beim Kleintier jedoch positive

Stimmen zu der Messung mittels oszillometrischer Methode an der Lokalisation der Gliedmaßen gab (BODEY et al., 1994; YPSILANTIS et al., 2005) wurde die Vordergliedmaße und Hintergliedmaße als Messort ausgewählt.

Zur Vermeidung einer Verfälschung der Messwerte sollte sich die Messstelle auf Herzhöhe befinden, falls dies nicht gegeben ist, müssen die erhaltenen Werte auf Herzhöhe korrigiert werden (GRAUWILER et al., 1958).

Für die indirekte Messung der vorliegenden Studie wurden die Kälber in ihren Boxen im Stallabteil belassen. So konnte man von einer für die Kälber gewohnten Umgebung ausgehen, und es wirkte kein Stress, wie zum Beispiel das Fahren mit der Box an einen anderen Ort, auf die Kälber ein. Auszuschließen war es jedoch nicht, dass die Kälber kurz vor der Messung behandelt worden sind (z.B. Gabe einer subkutanen Injektion), Personen während der Messung das Stallabteil betreten haben oder dass im weiteren Umfeld ein lautes Geräusch auftrat. Die Forderung nach absoluter Ruhe während den Messungen war nicht immer erfüllt. Die Blutdruckmessungen fanden des Weiteren ohne Berücksichtigung von Jahres- oder Tageszeit statt. Diese Faktoren können jedoch Einfluss auf den Blutdruck haben (OLSEN und BOOTH, 1971; GÖTZE, 1920 b). In der vorliegenden Arbeit konnten diese Punkte trotzdem außer Acht gelassen werden, da keine Normwerte erstellt werden sollten und die vergleichenden Messungen simultan stattfanden. Somit waren der Zeitpunkt der Messung und eine eventuelle leichte Unruhe in der Umgebung für den Vergleich der Messwerte ohne Relevanz.

Die Tiere wurden zu Verhinderung der von WERNER et al. (1977) beschriebenen Muskelartefakte in Seitenlage gelegt.

Bei dem Versuch wurde keine Rücksicht auf die Richtung der Seitenlage genommen. WAGNER et al. (1991) konnten in ihrer Studie auch keine großen Auswirkung der Position des Tieres auf den Blutdruck feststellen.

Die Lagerung in Seitenlage hatte den Vorteil, dass die zur Messung herangezogene oben liegende Gliedmaße entspannt war und sich auf Herzhöhe befand. Somit entfiel bei den Messungen an den Gliedmaßen und am Schwanz beim liegenden Tier die Korrektur auf Herzhöhe. Die Werte der Messungen am Schwanz am stehenden Tier wurden alle wie beschrieben auf Herzhöhe korrigiert.

Die meisten Kälber lagen nach einer kurzen Gewöhnungsphase ruhig da und waren ohne Kraftaufwand und mit sehr geringer Manipulation in dieser Lage zu halten.

Nach den Empfehlungen des Herstellers wurde die Manschette immer an den gleichen Messstellen angelegt und auf ein korrektes und sorgfältiges Anlegen der Manschette geachtet. Auch die weiteren Empfehlungen von EGNER (2006 a), welche oben bereits angefügt wurden (Kapitel 2.3.3.4), wurden beachtet.

Eine Einzelmessung ist nicht dazu geeignet, den genauen mittleren arteriellen Blutdruck wiederzugeben. Der Grund dafür liegt unter anderem in den physiologischen Blutdruckschwankungen und in den oben bereits angeführten Gründen wie Aufregung durch Manipulation oder ungewohnte Umgebung, Lärm und Ähnlichem (EGNER, 2006 b). Viele Autoren fordern deshalb bei der Durchführung der indirekten Messung mehrere Wiederholungsmessungen:

EGNER (2006 a) forderte bei Schwankungen innerhalb von 20 mmHg drei Einzelmessungen und bei Schwankungen größer 20 mmHg fünf Einzelmessungen und die Bildung eines Mittelwertes zur Beurteilung des Blutdruckes. GAINS et al. (1995) führten drei simultane direkt-indirekte Vergleichsmessungen durch und verglichen dann die Mittelwerte miteinander. MEURS et al. (1996) protokollierten fünf Messungen und bildeten die Durchschnittswerte, welche sie dann gegenüberstellten. STEPIEN und RAPOPORT (1999) verglichen drei Methoden und bildeten jeweils die Mittelwerte von drei Messungen. In der hier vorliegenden Studie wurden jeweils fünf Einzelmessungen protokolliert und daraus der Mittelwert gebildet, die dann mit den dazugehörigen Mittelwerten der direkten Messungen verglichen wurden. Die vereinzelt sehr hohen intraindividuellen Standardabweichungen (Maximum: Standardabweichung Schwanz systolisch:  $\pm 48,8$  mmHg) der indirekten Messung bestätigten, dass die von vielen Autoren geforderten Wiederholungsmessungen unerlässlich sind.

Von allen Auswertungen (Handhabung, Präzision, Richtigkeit) ausgeschlossen wurden die kompletten Datensätze der Fälle, bei denen ein oder mehrere Messergebnisse fehlten, da in diesen Fällen nicht der Mittelwert aus den fünf Einzelmessungen gebildet werden konnte. Nicht ausgeschlossen dagegen wurden Werte, die innerhalb einer Messreihe sehr stark von den übrigen Werten dieser Messreihe abwichen, denn die Beurteilung dieser abweichenden Messwerte könnte für die Bewertung der Richtigkeit des Gerätes von Bedeutung sein. Das Ausklammern solcher Messwerte hätte das Ergebnis schönen können.

Die Anwendung des indirekten Messsystems war nach einer kurzen Übungsphase einfach und wurde von den Kälbern gut toleriert. Das exakte Anlegen der Manschette war sehr einfach und mit wenig Übung leicht zu handhaben. Das Gerät ist klein, leicht und durch die Möglichkeit, es mit Batterie zu betreiben, auch überall anwendbar. Wenn jedoch zur besseren Beurteilung der Werte mittels Sichtung der Hüllkurven ein Laptop angeschlossen werden müsste, wäre die Anwendung im Stall nicht mehr so unproblematisch und der Aufwand wäre wesentlich größer.

Die Akzeptanz dieser Messmethode von Seiten der Tiere war sehr gut, nur ein liegendes Kalb (0,57 %) hat die indirekte Messung nicht toleriert. Bei diesem Tier verlief die Messung am Schwanz jedoch auch problemlos, so dass die Akzeptanz gegenüber der liegenden Position fehlte, das Anlegen der Manschette oder Geräusche des Gerätes während der Messung auch von diesem Tier toleriert wurden.

Bei der direkten Messung wurden die Datensätze von insgesamt drei Kälbern (11,54 %) ausgeschlossen (n=26). Bei allen drei Tieren traten Probleme an der Hintergliedmaße auf, so dass nach 15 bis 24 Messungen mit Fehlermeldungen die Aufzeichnungen beendet wurden. Diese relativ hohe Prozentzahl an abgebrochenen Messungen lässt sich eventuell durch die Verwendung eines Prototyps erklären. Dieses Gerät war, wie in einem späteren Gespräch mit dem Hersteller festgestellt wurde, nicht optimal auf die Verhältnisse bei Kälbern abgestimmt, so dass einige dieser als Fehlermeldung protokollierten Messungen mit einer neueren, angepassten Version vielleicht nicht aufgetreten wären.

GÖTZE (1920 b) stellte fest, dass Alter, Geschlecht und Rasse nur einen geringen Einfluss auf den Blutdruck besitzen. AMORY et al. (1993) stellten jedoch einen signifikanten Anstieg aller Blutdruckwerte mit steigendem Körpergewicht im ersten Lebensjahr fest. In der vorliegenden Studie wurden Zusammenhänge zwischen Blutdruck und kontinuierlichen Daten (Alter, Gewicht, Umfang der Gliedmaße) mittels Spearman-Korrelationskoeffizienten aufgezeigt. Werte über 0,6 wurden als bedeutend gewertet. Die in Tabelle 3 aufgeführten Korrelationskoeffizienten nach Spearman sind alle kleiner als 0,35. Der Vergleich zwischen unterschiedlichen kategorischen Parametern (Geschlecht, Ernährungszustand, Rasse und Krankheit) und dem Blutdruck wurde mittels Kruskal-Wallis-Test vollzogen. Nach Anwendung der Bonferroni-Korrektur wurde der kritische Wert für die Signifikanz auf 0,001 gesetzt. Die in der Tabelle 4 aufgeführten Werte des Kruskal-Wallis-Testes sind alle größer als

0,020. Diesen Werten zufolge bestand kein signifikanter Zusammenhang zwischen den oben angeführten Parametern und dem Blutdruck. Eine Beeinflussung der Ergebnisse durch einen dieser Parameter ist somit unwahrscheinlich und statistisch gesehen vernachlässigbar. Dieses, unter dem Gesichtspunkt des Alters, von AMORY et al. (1993) abweichende Ergebnis lässt sich eventuell mit einer, aufgrund der Selektion, homogeneren Tiergruppe erklären, da in der vorliegenden Studie nur Kälber bis zu einem Alter von drei Monaten gemessen wurden, so dass sich hier aufgrund des geringen Altersunterschiedes kaum ein Zusammenhang zeigen konnte, während AMORY et al. (1993) Aufzeichnungen an Probanden bis zu einem Alter von einem Jahr gemacht haben.

Zur Überprüfung der Präzision des Gerätes an den verschiedenen Messorten (Schwanz, Vorder- und Hintergliedmaße) wurde der Variationskoeffizient berechnet und verglichen. Generell wiesen die diastolischen Messwerte eine geringere Präzision, also eine größere Streuung um den Mittelwert auf, als die Werte des systolischen Blutdruckes. Diese Ergebnisse stimmen mit denen von BODEY et al., 1994 überein, die ebenfalls höhere Variationskoeffizienten bei den diastolisch Blutdruckwerten (11,4 bis 15,2 %) als bei den systolischen Werten (Variationskoeffizient: 4,3 bis 9,4 %) errechneten.

Des Weiteren wurde die intraindividuelle Standardabweichung bestimmt und beurteilt. Für medizinisch- technische Geräte gelten die Anforderungen der „Association for the Advancement of Medical Instrumentation“. Abweichung mit einem mittleren Wert von  $5 \pm 8$  mmHg vom direkt ermittelten Blutdruck werden für oszillometrische Messsysteme akzeptiert (PEDERSEN et al., 2002). Unter diesem Gesichtspunkt ließ sich in der vorliegenden Studie feststellen, dass bei der Vordergliedmaße systolisch nur 21,8 % der Messungen von diesen Anforderungen abwichen. Beim Schwanz dagegen war systolisch mit 68,8 % die größte Prozentzahl der Messungen, die eine Standardabweichung von über 8 mmHg vorwiesen aufzufinden (Tabelle 6). Die systolischen Werte an der Vordergliedmaße wiesen somit die höchste Präzision auf. In der zur Verfügung stehenden Literatur wurden keine vergleichbaren Untersuchungen am Kalb gefunden.

Betrachtet man die Dauer der indirekten Messungen an den drei unterschiedlichen Messorten (Tabelle 2), war die Vordergliedmaße der Messort, an dem im Mittel die Messdauer am kürzesten war (Mittelwert: 5,21 Minuten). Der Schwanz war dagegen

der Messort, an welchem für 5 Messwerte die längste Zeit benötigt wurde (Mittelwert: 7,41 Minuten). Diese Verhältnisse lassen sich in der höheren Anzahl der Messungen mit Fehlermeldungen am Schwanz (Mittelwert: 3,46 gegenüber einem Mittelwert von 1,0 an der Vordergliedmaße) erklären. Diese erhöhte Anzahl an Messungen mit Fehlermeldungen kam vor allem durch Bewegungsartefakte aufgrund von Schwanzbewegungen zustande, während die Kälber im Liegen ihre Beine sehr ruhig hielten. Diese Bewegungsartefakte durch Schwanzbewegungen konnten auch durch Fixation des Schwanzes, so wie es von WERNER et al. (1970 a, b) empfohlen wurde, nicht behoben werden. **Unter Berücksichtigung der Dauer, der Anzahl der Messungen und der Präzision erscheint also die Vordergliedmaße als geeignetester Messort für die indirekte Blutdruckmessung am unsedierten Kalb.**

Bei der vergleichend direkten-indirekten Messung waren die Verhältnisse etwas anders. Hier war der Schwanz der Messort mit der kürzesten Dauer der Messungen (Mittelwert: 5,78 Minuten), während die Hintergliedmaße als Messort mit der längsten Messdauer hervorsticht (Mittelwert: 8,89 Minuten). Auch hier kommen diese Verhältnisse durch die Anzahl der Messungen und damit auch durch die Anzahl der Messungen mit Fehlermeldungen zustande (Mittelwert der Anzahl der Messungen mit Fehlermeldungen am Schwanz: 1,26 und Mittelwert der Anzahl der Messungen: 6,26 gegenüber Hintergliedmaße: Mittelwert der Anzahl der Messungen mit Fehlermeldungen: 4,17 und Mittelwert der Anzahl der Messungen: 9,17). Obwohl die Vordergliedmaße am sedierten Kalb nicht die kürzeste Messdauer vorwies (Mittelwert: 5,80 Minuten), zeigte sie im Hinblick auf die Anzahl der benötigten Messungen den geringsten Mittelwert auf (Mittelwert: 6,04 und Mittelwert der Anzahl der Messungen mit Fehlermeldungen: 1,04).

Die unterschiedlichen Ergebnisse hinsichtlich des geeignetsten Messortes lassen sich dadurch erklären, dass während der vergleichenden Messung Einflüsse des Kalbes durch die Narkose ausgeschaltet wurden. Während der Messungen am Schwanz am stehenden Tier wackelten die Kälber immer wieder mit dem Schwanz und so kam es zu einer höheren Anzahl von Messungen mit Fehlermeldungen aufgrund von Bewegungsartefakten und damit zu einer längeren Dauer der Messung. Mittels Narkose wurde diese Fehlerquelle ausgeschaltet und der Schwanz wurde neben der Vordergliedmaße zu einem geeigneten Messort.

Das Ergebnis des Vergleiches der Mittelwerte der direkten und indirekten Messungen zeigt, dass das indirekte Messsystem nicht an allen Messorten übereinstimmend mit dem direkten System misst. Auch ein Korrekturfaktor konnte für die abweichenden Messwerte an den jeweiligen Messorten nicht ermittelt werden. Außer bei den systolischen Werten der Vordergliedmaße ( $p=0,191$ ) konnten an allen Messorten signifikante Unterschiede ermittelt werden. Auch bei den diastolischen Werten der Vordergliedmaße wurde der höchste Korrelationskoeffizient mit 0,691 ( $p=0,000$ ) errechnet. Den schlechtesten Korrelationskoeffizienten konnte man mit 0,272 für die diastolischen Werte gemessen an der Hintergliedmaße ermitteln. YPSILANTIS et al. (2005) vermuteten, dass die schlechteren Ergebnisse der Hintergliedmaße am liegenden Tier, von der größeren Entfernung zum Herzen herrührten. EGNER et al. (2007) schrieben dagegen, dass eine herznahe Messung die Ergebnisse zwar optimiert, dass die Abweichungen bei einer distalen Messposition beim stehenden und sitzenden Tier jedoch gering wären. Eine Aussage über in Seitenlage verbrachte Tiere trafen die Autoren nicht.

Da für den Vergleich der beiden Geräte und die Überprüfung ihrer Übereinstimmung die alleinige Bestimmung des Korrelationskoeffizienten nicht ausreichend erschien, wurde noch eine Regressionsanalyse durchgeführt. Bei Betrachtung der Verteilung der Punktwolken wurde eine große Streuung der Punkte um die Regressionsgerade vor allem bei der Hintergliedmaße und den systolischen Werten, gemessen am Schwanz sichtbar. Die geringste Streuung der Punktwolke lag bei den diastolischen Werten der Vordergliedmaße ( $r = 0,742$ ) vor, die Steigung der Geraden betrug hier 0,52. So erschien die Vordergliedmaße auch nach Betrachtung der Ergebnisse der vergleichenden direkten-indirekten Messungen als geeignetster Messort. Die Höhe der Korrelationskoeffizienten war vergleichbar mit den Werten von BODEY et al. (1994), nur dass in der vorliegenden Arbeit die beste Korrelation ( $r = 0,742$ ) bei den diastolischen Werten an der Vordergliedmaße vorlag, bei BODEY et al. (1994) jedoch bei den systolischen Werten am Schwanz ( $r = 0,76$ ).

In der vorliegenden Arbeit wurden die Werte, welche auf dem Display des Gerätes angezeigt wurden oder das Erscheinen einer Messung mit Fehlermeldung protokolliert. Die Kurven des mitlaufenden Laptops wurden außer Acht gelassen. Da es sich bei dem verwendeten Gerät um einen Prototyp handelte und es nicht auszuschließen war, dass dieser in seinen Berechnungen nicht optimal auf die



Verhältnisse beim Kalb abgestimmt war, wurden nach Abschluss der Messungen und einem Gespräch mit dem Hersteller des Gerätes noch einmal einige Hüllkurven, wie bereits beschrieben (Kapitel 3.2.3.6), beurteilt. Bei dieser Beurteilung konnte für die indirekte Messung festgestellt werden, dass zwischen 50 % und 85 % der Kurven, welche in die Auswertung mit eingegangen sind, auch einen guten Verlauf zeigten. Die Anzahl der Kurven die trotz schlechtem Verlauf in die Auswertung mit eingegangen sind, war relativ gering (3 % bis maximal 18 %). Aber es ist nicht auszuschließen, dass der Trend des Ergebnisses besser wäre, wenn die Kurven von Anfang an Beachtung gefunden hätten. Bei Beginn der Arbeit war jedoch nicht klar, dass die Daten des Gerätes alleine, auch bei Verwendung eines Prototyps, nicht aussagekräftig waren. Es steht zur Diskussion, ob mit einer anderen Softwareversion und somit einer besseren Abstimmung des Gerätes auf die Verhältnisse bei Kälbern, die Kurven, bei denen zwar ein optimaler Verlauf vorlag, aber auf dem Display des Gerätes eine Fehlermeldung angezeigt wurde, mit einer neuen Version als korrekte Werte angezeigt worden wären und sich somit die Anzahl der Messungen mit Fehlermeldungen verringert hätte.

Bei einer erneuten Regressionsberechnung, bei der die Beurteilung der Hüllkurven Berücksichtigung fand, indem Werte von Hüllkurven mit schlechtem oder mäßigem Verlauf von dieser Berechnung ausgeschlossen wurden, kam es zu einer deutlichen Veränderung der Ergebnisse. Die Regressionen wurden alle besser, wobei es bei den diastolischen Werten am Schwanz zu der deutlichsten Besserung kam (vorher:  $r = 0,37$ , dann  $r = 0,80$ ). Bei den diastolischen Blutdruckwerten ermittelt am Schwanz lag nun die beste Übereinstimmung zwischen direkt und indirekt ermittelten Werten vor. Durch diese Änderung sind die ermittelten Ergebnisse denen von BODEY et al. (1994) noch ähnlicher. Auch die Werte der Hintergliedmaßen wurden deutlich besser (systolisch vorher:  $r = 0,57$ , dann  $r = 0,74$  und diastolisch vorher  $r = 0,37$ , dann  $r = 0,65$ ) und erreichten damit eine recht gute Übereinstimmung. Am geringsten war die Veränderung bei den diastolischen Werten der Vordergliedmaße (vorher  $r = 0,74$ , dann  $r = 0,75$ ). Dies ist dadurch zu erklären, dass hier die wenigsten mäßigen und schlechten Kurvenverläufe zu verzeichnen waren und so die erneute Berechnung unter Ausschluss dieser Werte wenig Einfluss hatte.

Abschließend sei angeführt, dass die Anwendung des indirekten Messsystems nach einer kurzen Einarbeitungsphase einfach und die Akzeptanz der Kälber gegenüber der

Messung gut war. Auch die Präzision des Gerätes war befriedigend. Als geeignetste Gliedmaße stellte sich die Vordergliedmaße heraus. Allerdings konnte bei diesem Prototyp und alleiniger Betrachtung der Werte vom Display außer bei den diastolischen Werten der Vordergliedmaße keine gute Übereinstimmung mit den direkt ermittelten Werten gefunden werden. Ob mit einer geänderten Abstimmung des Gerätes und mit einer neuen Softwareversion bessere Ergebnisse erzielt werden können, müsste im Rahmen einer zukünftigen Untersuchung abgeklärt werden. Unter Beachtung der Hüllkurven ist die Übereinstimmung zwischen direkter und indirekter Messung bedeutend besser und durchaus akzeptabel und die diastolischen Werte gemessen am Schwanz der Kälber erreichen die höchste Übereinstimmung. Um die Vertrauenswürdigkeit der angezeigten Werte beurteilen zu können, musste bei dem uns vorliegendem Prototyp auch der Verlauf der Hüllkurve mittels eines Laptops beurteilt werden, dies wiederum verringert die Einfachheit der Bedienung des Gerätes und macht die Anwendung im Stall oder Operationssaal deutlich komplizierter.

## 5 **Zusammenfassung**

(R.N. Kuckenberg 2007)

Validierung einer nichtinvasiven Methode für die Blutdruckmessung beim Kalb

Ziel dieser Arbeit war es, mit Hilfe des Vergleiches direkter und indirekter Messmethoden die Richtigkeit einer indirekten, auf dem Prinzip der High Definition Oszillometrie beruhenden Methode zu überprüfen. Des Weiteren sollte mittels Wiederholungsmessungen die Präzision der Ergebnisse ermittelt und die Anwendbarkeit bewertet werden. Die Kälber bis zu einem Alter von drei Monaten entstammten alle dem Patientengut der Klinik für Wiederkäuer in Oberschleißheim. Die indirekte Messung wurde an 170 Kälbern vorgenommen. Den Tieren wurde eine Manschette an drei unterschiedlichen Messorten (Schwanz, Vorder- und Hintergliedmaße) angelegt. Für die Messung an den Gliedmaßen wurden die Tiere in Seitenlage verbracht. Die Messungen am Schwanz fanden am stehenden Tier statt, diese Werte wurden später auf Herzhöhe korrigiert. Es wurden jeweils fünf Wiederholungsmessungen gemacht. Die vergleichende Messung wurde an 23 zur Euthanasie vorgesehenen Tieren in Narkose durchgeführt. Für die direkte Messung wurde die A. carotis freipräpariert und nach Punktion ein Katheter- Tip-Manometer herzwärts in das Gefäß eingeführt. Simultan mit diesen Messungen wurden die indirekten Messungen am liegenden Tier an den drei Messorten vorgenommen. Auch hier wurden wieder je fünf Messungen durchgeführt.

Zu Beginn der statistischen Auswertungen wurde mittels Kruskal-Wallis Test überprüft, ob die Faktoren Geschlecht, Ernährungszustand, Rasse, Krankheit und Manschette einen Einfluss auf den Blutdruck haben. Die Zusammenhänge zwischen den gemessenen Blutdruckwerten und anderen kontinuierlichen Daten (Alter, Gewicht, Umfang der Gliedmaße) wurden mittels Spearman-Korrelationskoeffizienten aufgezeigt. Es konnte kein Einfluss der Parameter auf den Blutdruck festgestellt werden.

Zur Überprüfung der Präzision wurde der Variationskoeffizient berechnet und die intraindividuelle Standardabweichung bestimmt. Die größte Streuung der Werte um den Mittelwert lag mit 30,6 % diastolisch an der Hintergliedmaße vor, während an der Vordergliedmaße systolisch die kleinste Streuung mit 12,6 % vorlag. Der Prozentsatz

der Messungen bei denen die Standardabweichung über 8 mmHg lag, schwankt zwischen 21,8 % bei den systolisch ermittelten Werten an der Vordergliedmaße und 68,8 % bei den systolischen Werten am Schwanz, so dass an Vorder- und Hintergliedmaße insgesamt von einer befriedigenden Präzision zu sprechen ist, während die Werte am Schwanz eine hohe Streuung aufweisen. Die Präzision war an der Vordergliedmaße immer am höchsten. Den Unterschied zwischen den direkten und indirekten Werten beurteilte man mittels Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben. Außer bei den systolischen Werten der Vordergliedmaße ( $p = 0,191$ ) war immer ein Unterschied zwischen den direkten und indirekten Werten ersichtlich. Zweitens wurde der Korrelationskoeffizient nach Spearman ermittelt, wobei Werte größer als 0,6 als bedeutend angesehen wurden, einen Zusammenhang zwischen den Variablen aufzuzeigen. Hier konnte nur zwischen den diastolischen Werten der Vordergliedmaßen (Spearmankorrelationskoeffizient: 0,691) ein Zusammenhang aufgezeigt werden. Des Weiteren wurden Regressionsgeraden und -gleichungen erstellt. Auch hier stellte sich die Vordergliedmaße als geeignetster Messort heraus (diastolisch  $r = 0,742$ ). Bei der nachträglichen Beurteilung der Hüllkurven mittels Laptop-Computer gibt es sowohl Kurven, welche trotz schlechtem Verlauf (also wahrscheinlich nur Aufzeichnung von Artefakten und Geräterauschen) in die Auswertung mit eingegangen sind, da auf dem Display des Gerätes Werte angezeigt wurden, als auch Hüllkurven, welche zwar als Messung mit Fehlermeldung auf dem Display angezeigt wurden und als solche protokolliert wurden, jedoch bei Sichtung einen guten Verlauf aufweisen.

Die erneute Erstellung von Regressionsgleichungen nach Beurteilung der Hüllkurven und einem Ausschluss der Werte, deren Hüllkurven schlecht oder mäßig waren, verändert die Werte dahingehend, dass nun an allen Messorten annehmbare bis gute Übereinstimmungen zwischen direkter und indirekter Messung vorliegen (Hintergliedmaße:  $r = 0,653$  bis Schwanz:  $r = 0,801$ ), wobei die schlechteste Übereinstimmung nach wie vor an der Hintergliedmaße vorliegt. Die beste Übereinstimmung kann nun allerdings bei den diastolischen Werten am Schwanz ermittelt werden. Trotz der sehr guten Übereinstimmung der diastolischen Werte am Schwanz, ist die Vordergliedmaße als geeignetster Messort anzusehen, da hier mit der wenigsten Anzahl von Messungen sowohl systolisch als auch diastolisch eine zufrieden stellende Genauigkeit der Werte erreicht wird.

## 6 Summary

(R.N. Kuckenberg 2007)

### Valuation of a noninvasive method for blood pressure measurement in calf

The aim of the study was to validate the accuracy of an indirect method to measure blood pressure, based on the principles of the high definition oscillometry, using a comparison between direct and indirect methods. Furthermore, the precision of the obtained results and the practical application of the method were judged by repeated measurements. The calves up to the age of three months were all patients of the clinics for ruminants in Oberschleißheim. The indirect measurements were taken in 170 calves, which were fitted with a cuff at three different locations (tail, fore limb and hind limb). For the measurements at the fore- and hind limb the animals were put into lateral recumbence, while the measurements at the tail were taken while the animal was standing. The values obtained in this way were later corrected to heart level. At each location five repeated measurements were taken. The comparison measurements were taken in 23 narcotised animals which had to be euthanized for other reasons. For the direct measurement the A. carotis was prepared and after puncture a catheter-tip-manometer was passed into the vessel in the direction towards the heart. Simultaneously to the direct measurements, the indirect measurements were taken on the recumbent animal at the three locations. Five repeated measurements were taken in this part of the study as well.

The Kruskal-Wallis Test was used in the beginning to test for an influence of the factors gender, nutritional condition, breed, diseases and cuff-size onto the blood pressure. The associations between the obtained values for the blood pressure and other continuous data (age, body weight, circumference of the limbs) were measured using the Spearman-correlation coefficient. No influences of these parameters were identified.

To determine the precision of the method, the coefficient of variation and the intra-individual standard deviations were calculated. The highest variation around the mean with 30.56 % was found diastolic at the hind limb, while the measurements at the fore limb showed the lowest variation (12.64 %). The percentage of measurements with a

standard deviation of more than 8 mmHg ranged from 21.8 % in systolic values at the fore limb to 68.8 % of systolic values measured at the tail. Overall, a satisfactory precision was obtained in the values of the fore and hind limbs, whereas the variation in the values of the tail was highest. The highest precision was always obtained at the fore limb. The differences between the direct and indirect measured values were tested with the Wilcoxon-test for dependent variables. Except for the systolic values of the fore limb ( $p = 0.191$ ) a significant difference between the direct and indirect values were calculated. The Spearman correlation coefficient was calculated, whereby values higher than 0.6 were regarded as significant association between two variables. Only the diastolic values of the fore limb showed significant correlation (Spearman correlation coefficient 0.691). In the regression analysis, the fore limb was also identified as the preferred location for measuring blood pressure indirectly (diastolic  $r = 0.742$ ).

After subsequently evaluating the curves produced by the software of the indirect method, it was observed that curves were included in the analyses although their course was poor (most likely recording of artefacts and background noise). At the same time, some curves had been excluded from the analyses due to error messages on the display, but had good curves produced by the software.

After evaluation of the curves and exclusion of values from curves which were poor or moderately, the regression analysis was performed once more. This resulted in acceptable agreements between the direct and indirect values at all locations (hind limb:  $r = 0.652$  to tail:  $r = 0.801$ ). The lowest agreement was found with the diastolic values at the hind limb, and the best with the diastolic values at the tail. Despite the good agreement of these values at the tail, it is concluded that the fore limb is the most suitable location for measuring blood pressure indirectly in calves, as it required the lowest number of measurements and obtained systolic as well as diastolic satisfactory precision.

## **7 Abkürzungsverzeichnis**

A.	Arterie
ADH	Antidiuretisches Hormon (Vasopressin)
diastol.	diastolisch
EU	Europäische Union
G	Gauge
HDO	High Definition Oszillometrie
Hgldm.	Hintergliedmaße
K	Kelvin
K <sup>+</sup>	Kalium-Ion
kPa	Kilopascal
männl.	männlich
MHz	Megahertz
mmHg	Millimeter Quecksilber
n	Anzahl
Nn.	Nervi
Nr.	Nummer
PC	Personal Computer
s	Standardabweichung
S	Schwanz
systol.	systolisch
USB	Universal Serial Bus
V	Volt
v. a.	vor allem
Vgldm.	Vordergliedmaße
VK	Variationskoeffizient
$\bar{x}$	Mittelwert

## 8 Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle</b>	<b>Titel</b>	<b>Seite</b>
Tabelle 1:	Umfang (in cm) von Schwanz, Vorder- und Hintergliedmaße an den jeweiligen Messorten bei der indirekten Messung (n=170)	39
Tabelle 2:	Dauer der Messungen (in Minuten), Anzahl der Messungen und Anzahl der Messungen mit Fehlermeldungen an verschiedenen Messorten bei der indirekten Messung für den Erhalt von fünf auf dem Display des indirekten Messsystems angezeigten Blutdruckwerten (n=170)	40
Tabelle 3:	Korrelationen zwischen Alter, Gewicht, Umfang der Gliedmaße und dem Mittelwert ( $\bar{x}$ ) der fünf gemessenen indirekten Werte (Korrelationskoeffizient nach Spearman) ( n=170)	43
Tabelle 4:	Kruskal- Wallis Test (p-Wert) auf Unterschiede in Mittelwert ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung (s) nach Variablen: Geschlecht, Ernährungszustand, Rasse, Krankheit und Manschette (n=170)	43
Tabelle 5:	Mittelwert ( $\bar{x}$ ) und Standardabweichung (s) und Variationskoeffizient (VK) des indirekt gemessenen Blutdruckes an Schwanz (auf Herzhöhe korrigiert), Vordergliedmaße und Hintergliedmaße von Kälbern (n=170)	44
Tabelle 6:	Mediane, Mittelwerte der intraindividuellen Standardabweichung und Prozentsatz der Messungen bei denen die intraindividuelle Standardabweichung über	



	8 mmHg lag ermittelt mit indirekten Messungen (n=170)	45
Tabelle 7:	Kennwerte des Umfanges (in cm) der Messorte Schwanz, Vorder- und Hintergliedmaße bei der vergleichenden direkten-indirekten Messung (n=23)	46
Tabelle 8:	Dauer der Messung (in Minuten), Anzahl der Messung und Anzahl der Messungen mit Fehlermeldungen an den Messorten Schwanz, Vorder- und Hintergliedmaße bei der vergleichend direkten-indirekten Messung für den Erhalt von fünf auf dem Display des indirekten Messsystems angezeigten Blutdruckwerten (n=23)	47
Tabelle 9:	Spearman-Korrelationskoeffizienten an den verschiedenen Messorten bei dem Vergleich der Mittelwerte der vergleichend direkt-indirekten Messungen (n=23)	51
Tabelle 10:	Vergleich von Median, Maximum, Minimum und Ergebnisse des Wilcoxon-Tests zwischen indirekter und direkter Blutdruckmessung an den Messorten Schwanz, Vordergliedmaße und Hintergliedmaße (n=23)	52
Tabelle 11:	Auswertung der Hüllkurven der vergleichenden direkten-indirekten Messungen (n=23)	57
Tabelle 12:	Auswertung der Beurteilung der Hüllkurven von zufällig ausgewählten Kälbern der indirekten Messung (n=20)	57
Tabelle 13:	Angaben aus der Literatur zur direkten Blutdruckmessung beim Rind	91

Tabelle 14: Angaben aus der Literatur zur indirekten Blutdruckmessung  
beim Rind

92

## 9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung	Titel	Seiten
Abbildung 1:	Position der Manschette bei der Messung am Schwanz	29
Abbildung 2:	Stockmaß zum Ermitteln des Höhenunterschiedes	30
Abbildung 3:	Messung an der Vordergliedmaße am liegenden Tier	30
Abbildung 4:	Freipräparierte A. carotis mit eingeführtem Katheter-Tip- Manometer	33
Abbildung 5:	Vergleichende direkte und indirekte Messung bei einem Braunviehkalb in Narkose	33
Abbildung 6:	Vergleichende Messung am Schwanz	34
Abbildung 7:	Mittels indirektem Verfahren ermittelte systolische Blutdrücke an Schwanz (auf Herzhöhe korrigiert), Vorder- und Hintergliedmaße von Kälbern (n=170)	41
Abbildung 8:	Mittels indirektem Verfahren ermittelte diastolische Blutdrücke an Schwanz (auf Herzhöhe korrigiert), Vorder- und Hintergliedmaße von Kälbern (n=170)	42
Abbildung 9:	Gegenüberstellung der mittels indirektem Blutdruckmess- verfahren ermittelten systolischen und diastolischen Blutdrücken am Schwanz der Kälber, mit denen eines direkten Messverfahrens in der A. carotis (n=23)	48

Abbildung 10: Gegenüberstellung der mittels indirektem Blutdruckmessverfahren ermittelten systolischen und diastolischen Blutdrücken an der Vordergliedmaße der Kälber, mit denen eines direkten Messverfahrens in der A. carotis (n=23)	49
Abbildung 11: Gegenüberstellung der mittels indirektem Blutdruckmessverfahren ermittelten systolischen und diastolischen Blutdrücken an der Hintergliedmaße der Kälber, mit denen eines direkten Messverfahrens in der A. carotis (n=23)	50
Abbildung 12: Verteilung der Wertepaare (indirekt gemessener Blutdruck und direkt gemessener Blutdruck) mit eingezeichneten Regressionsgeraden und –gleichungen für die Messung des systolischen Blutdruckes am Schwanz (n=23)	54
Abbildung 13: Verteilung der Wertepaare (indirekt gemessener Blutdruck und direkt gemessener Blutdruck) mit eingezeichneten Regressionsgeraden und –gleichungen für die Messung des diastolischen Blutdruckes am Schwanz (n=23)	54
Abbildung 14: Verteilung der Wertepaare (indirekt gemessener Blutdruck und direkt gemessener Blutdruck) mit eingezeichneten Regressionsgeraden und –gleichungen für die Messung des systolischen Blutdruckes an der Vordergliedmaße (n=23)	55
Abbildung 15: Verteilung der Wertepaare (indirekt gemessener Blutdruck und direkt gemessener Blutdruck) mit eingezeichneten Regressionsgeraden und –gleichungen für die Messung des diastolischen Blutdruckes an der Vordergliedmaße (n=23)	55
Abbildung 16: Verteilung der Wertepaare (indirekt gemessener Blutdruck und direkt gemessener Blutdruck) mit eingezeichneten Regressionsgeraden und –gleichungen für die Messung des	

systolischen Blutdruckes an der Hintergliedmaße (n=23)	56
Abbildung 17: Verteilung der Wertepaare (indirekt gemessener Blutdruck und direkt gemessener Blutdruck) mit eingezeichneten Regressionsgeraden und –gleichungen für die Messung des diastolischen Blutdruckes an der Hintergliedmaße (n=23)	56
Abbildung 18: Verteilung der Wertepaare (indirekt gemessener Blutdruck und direkt gemessener Blutdruck) mit eingezeichneten Regressionsgeraden und –gleichungen für die Messung des systolischen Blutdruckes am Schwanz nach Ausschluss der Werte der schlechten und mäßigen Hüllkurven (n=23)	58
Abbildung 19: Verteilung der Wertepaare (indirekt gemessener Blutdruck und direkt gemessener Blutdruck) mit eingezeichneten Regressionsgeraden und –gleichungen für die Messung des diastolischen Blutdruckes am Schwanz nach Ausschluss der Werte der schlechten und mäßigen Hüllkurven (n=23)	59
Abbildung 20: Verteilung der Wertepaare (indirekt gemessener Blutdruck und direkt gemessener Blutdruck) mit eingezeichneten Regressionsgeraden und –gleichungen für die Messung des systolischen Blutdruckes an der Vordergliedmaße nach Ausschluss der Werte der schlechten und mäßigen Hüllkurven (n=23)	59
Abbildung 21: Verteilung der Wertepaare (indirekt gemessener Blutdruck und direkt gemessener Blutdruck) mit eingezeichneten Regressionsgeraden und –gleichungen für die Messung des diastolischen Blutdruckes an der Vordergliedmaße nach Ausschluss der Werte der schlechten und mäßigen Hüllkurven (n=23)	60

Abbildung 22: Verteilung der Wertepaare (indirekt gemessener Blutdruck und direkt gemessener Blutdruck) mit eingezeichneten Regressionsgeraden und –gleichungen für die Messung des systolischen Blutdruckes an der Hintergliedmaße nach Ausschluss der Werte der schlechten und mäßigen Hüllkurven (n=23)	60
Abbildung 23: Verteilung der Wertepaare (indirekt gemessener Blutdruck und direkt gemessener Blutdruck) mit eingezeichneten Regressionsgeraden und –gleichungen für die Messung des diastolischen Blutdruckes an der Hintergliedmaße nach Ausschluss der Werte der schlechten und mäßigen Hüllkurven (n=23)	61
Abbildung 24: Zusammenfassende Darstellung der an der Blutdruckregulation beteiligten Vorgänge (von ENGELHARDT, 2000)	90
Abbildung 25: Protokollblatt für die indirekte Messung	93
Abbildung 26: Protokollblatt für die vergleichende direkt-indirekte Messung	94
Abbildung 27: Guter Verlauf der Hüllkurve (Werte auf Display)	95
Abbildung 28: Guter Verlauf der Hüllkurve (Fehlermeldung auf Display)	95
Abbildung 29: Mäßiger Verlauf der Hüllkurve (Werte auf Display)	95
Abbildung 30: Mäßiger Verlauf der Hüllkurve (Fehlermeldung auf Display)	95
Abbildung 31: Schlechter Verlauf der Hüllkurve (Werte auf Display)	96
Abbildung 32: Schlechter Verlauf der Hüllkurve (Fehlermeldung auf Display)	96

## 10 Literaturverzeichnis

AMORY, H., A.S. LINDEN, D.J.-M. DESMECHT, F.A. ROLLIN, K. McENTEE, P.M. LEKEUX (1992). "Technical and methodological requirements for reliable haemodynamic measurements in the unsedated calf." Vet. Res. Com. **16**: 391-401.

AMORY, H., D. DESMECHT, A. LINDEN, K. McENTEE, F. ROLLIN, B. GENICOT, J. M. BEDUIN, P. LEKEUX (1993). "Growth-induced haemodynamic changes in healthy Friesian calves." Vet. Rec. **132**: 426-434.

ANON (1998). Pschyrembel klinisches Wörterbuch. Walter de Gruyter, Berlin, New York; 258

BECKER, M. (1977). "Eine Methode des arteriellen Zugangs beim Rind." Schweiz. Arch. Tierheilk. **119**: 193-195.

BODEY, A.R., L.E. YOUNG, D.H. BARTRAM, M.J. DIAMOND, A.R. MICHELL (1994). "A comparison of direct and indirect (oscillometric) measurements of arterial blood pressure in anaesthetised dogs, using tail and limb cuffs." Res. Vet. Sci. **57** (3): 265-9.

BORTZ, J. (1984). Lehrbuch der empirischen Forschung für Sozialwissenschaftler, Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo; 1.

BRECHT, K., G. AMANN, H. BOUCKE (1955). "Zur indirekten Blutdruckbestimmung." Münch. med. Wochenschr. **97**: 112-115.

BRENNER, K. (1912). "Über die klinische Untersuchung des Rindes." Vet. med. Diss., Stuttgart.

BUSSE, R. (1995). 24. Gefäßsystem und Kreislaufregulation. In SCHMIDT, R. F., G. THEWS. Physiologie des Menschen. Springer. 26: 499-560.

Deutsche Liga zur Bekämpfung des hohen Blutdruckes e.V. (1997). "Empfehlungen zur Blutdruckmessung." **4**: 2-4.

DOYLE, J.D., J.L. PATTERSON, J.V. WARREN, D.K. DETWEILER (1960). "Observation on the circulation of domestic cattle." *Circ. Res.* **8**: 4-15.

ECKERT, R., D. RANDALL, G. AUGUSTINE (1993). Zirkulation des Blutes. *Tierphysiologie*, Thieme. **2**: 506-515, 531.

EGNER, B., CARR, BROWN (2007). Blutdruck auf den Punkt gebracht. Ein Leitfaden für die Kleintierpraxis mit DVD, BE VetVerlag. 4.

EGNER, B. (2006 a). "Blutdruckmessung, Teil 1: Technologie und Vermeidung von Messfehlern." *Kleintier konkret*. **4**: 1-6.

EGNER, B. (2006 b). "Blutdruckmessung, Teil 2: Interpretation der Messergebnisse und Behandlungsstrategien." *Kleintier konkret*. **6**: 18-25.

ENGELHARDT, v. W., K. HAMPEL (1962). "Ein Gerät zur Blutdruckmessung bei den Haustieren." *Tierärztl. Umsch.* **17**: 117-119.

ENGELHARDT v. W. (2000). 9. Kreislauf. In ENGELHARDT v. W., G. BREVES. *Physiologie der Haustiere*. Enke. 1; 171-180.

ERHARDT, W., J. HENKE, (2004). 5.2. Narkoseüberwachung. In ERHARDT, W., J. HENKE, J. HABERSTROH. *Anästhesie und Analgesie beim Klein- und Heimtier sowie bei Vögeln, Reptilien, Amphibien und Fischen*, Schattauer. 1: 203.

FÖRSTER, W. (1976). "Eine Methode zur indirekten Blutdruckbestimmung bei Kalb und Rind mit Hilfe des Ultraschall-Doppler-Effekts." *Dtsch. Tierärztl. Wschr.* **83**: 64-65.



GAINS, M.J., K.M. GRODECKI, R.M. JACOBS, D. DYSON, R.A. FOSTER (1995). "Comparison of direct and indirect blood pressure measurements in anesthetized dogs." Can. J. Vet. Res. **59** (3): 238-240.

GLEN, J.B. (1970). "Indirect blood pressure measurement in anaesthetised animals." Vet. Rec. **87**: 349-354.

GÖTZE, R. (1920 a). "Über indirekte Blutdruckmessungen an Haustieren, insbesondere an Rindern." Berl. tierärztl. Wochenschr. **36** (26): 293-298.

GÖTZE, R. (1920 b). "Über indirekte Blutdruckmessungen an Haustieren, insbesondere an Rindern." Berl. tierärztl. Wochenschr. **36** (27): 307-311.

GRAUWILER, J., H. SPÖRRI, H. WEGMANN (1958). "Zur graphischen Ermittlung des systolischen und diastolischen Blutdruckes bei Haustieren mittels des Infratonmikrophons und Druckmarkengebers von Brecht und Boucke." Schweiz. Arch. Tierheilk. **100** (6): 299-318.

GREENE, S.A., R.D. KEEGAN, R.A. VALDEZ, D.K. KNOWLES (2002). "Cardiovascular effects of sevoflurane in Holstein calves." Vet. Anaesth. Analg. **29**: 59-63.

GUILLEBEAU, A. (1979). "Kritischer Vergleich der palpatorischen, oszillatorischen und Ultraschall-Doppler-Methode zur indirekten Messung des Blutdruckes bei Hund, Pferd und Rind." Vet. med. Diss., Zürich.

HECKERT, H., W. HOFMANN, M. SCHELL (1999). "Punktion und Katheterisation der Arteria carotis communis beim Rind mittels Seldinger-Technik unter ultrasonographischer Kontrolle." Tierärztl. Umsch. **54** (10): 562-565.

INGRAM, D.L., G.C. WHITTOW (1963). "Changes of arterial blood pressure and heart rate in the ox (bos taurus) with changes of body temperature." J. Physiol. **168**: 736-746.

KLÖPZIG, U. (1990). "Zur Methode der arteriellen Blutdruckmessung via A. caudalis mediana beim ruhig stehenden Rind." Monatsh. Veterinärmed. **45** (1): 18-21.

KUHLMANN, W.D., D.S. HODGSON, M.R. FEDDE (1985). "Respiratory, cardiovascular, and metabolic adjustment to exercise in Hereford calf." J. Appl. Physiol. **58** (4): 1273-1280.

KUIDA, H., A.M. BROWN, R.L. LANGE, H.H. HECHT (1961). "Cardiovascular studies on normal calves." Am. J. Physiol. **200** (2): 247-252.

MEURS, K.M., M.W. MILLER, M.R. SLATER (1996). "Comparison of the indirect oscillometric and direct arterial methods for blood pressure measurements in anaesthetized dogs." J. Am. Anim. Hosp. Assoc. **32** (6): 471-475.

MÜLLER, M., L. GOETZE (1987). "Ein Beitrag zur Methodik der intraarteriellen Blutdruckmessung beim Rind." Dtsch. tierärztl. Wschr. **94**: 517-518.

OLSEN, J.D. and G.D. BOOTH (1971). "Normal values for aortic blood pressures and heart rates of cattle in a controlled environment." Cornell Vet. **62**: 85-100.

PEDERSEN, K.M., M.A. BUTLER, A.K. ERSBOLL, H.D. PEDERSEN (2002). "Evaluation of an oscillometric blood pressure monitor for use in anesthetized cats." J. Am. Vet. Med. Assoc. **221** (5): 646-650.

PICAVET, M.-T., F. GASTHUYS, H.H. LAEVENS, S.A. WATTS (2004). "Cardiopulmonary effects of combined xylazine-guaphenesin-ketamine infusion and extradural (inter-coccygeal lidocaine) anaesthesia in calves." Vet. Anaesth. Analg. **31**: 11-19.

ROESE, K. (1997). "Direkte und indirekte Blutdruckmessung beim Rind." Vet. Med. Diss., Berlin.

SAWAZAKI, H. and H. HIROSE (1976). "An indirect method for measurement of systemic blood pressure in animals." Jap. J. vet. Sci. **38**: 305-308.

SAWYER, D.C., A.H. GUIKEMA, E.M. SIEGEL (2004). "Evaluation of a new oscillometric blood pressure monitor in isoflurane-anesthetized dogs." Vet. Anaesth. Analg. **31** (1): 27-39.

SEMRAD, D., C.M. TRIM, G.E. HARDEE (1986). "Hypertension in bulls and steers anesthetized with guaifenesin-thiobarbiturate-halothane combination." Am. J. Vet. Res. **47** (7): 1577-1582.

SPÖRRI, H. (1987). 6. Blutkreislauf; in SCHEUNERT, A. , A. TRAUTMANN. Lehrbuch der Veterinärphysiologie. Parey.7: 276-282.

STEPIEN, R.L., G.S. RAPOPORT (1999). "Clinical comparison of three methods to measure blood pressure in nonsedated dogs." J. Am. Vet. Med. Assoc. **215** (11): 1623-1628.

THIELSCHER, H.H., U. ANDREAE, J. UNSHELM, D. SCHMIDT (1980). "Die Blutdrucktelemetrie beim Rind – Ein Beitrag zum Einsatz physiologischer Parameter in der Verhaltensforschung sowie zur Erarbeitung tierschutzrelevanter Indikatoren." Dtsch. tierärztl. Wschr. **87**: 214-220.

WAGNER, A.E., W.W. MUIR, B.J. GROSPITCH (1991). "Cardiopulmonary effects of position in conscious cattle." Am. J. vet. Res. **51** (1): 7-10.

WAGNER, J. (1985). 3.5. Blutdruckmessung. Praktische Kardiologie, de Gruyter. 1 : 19-22.

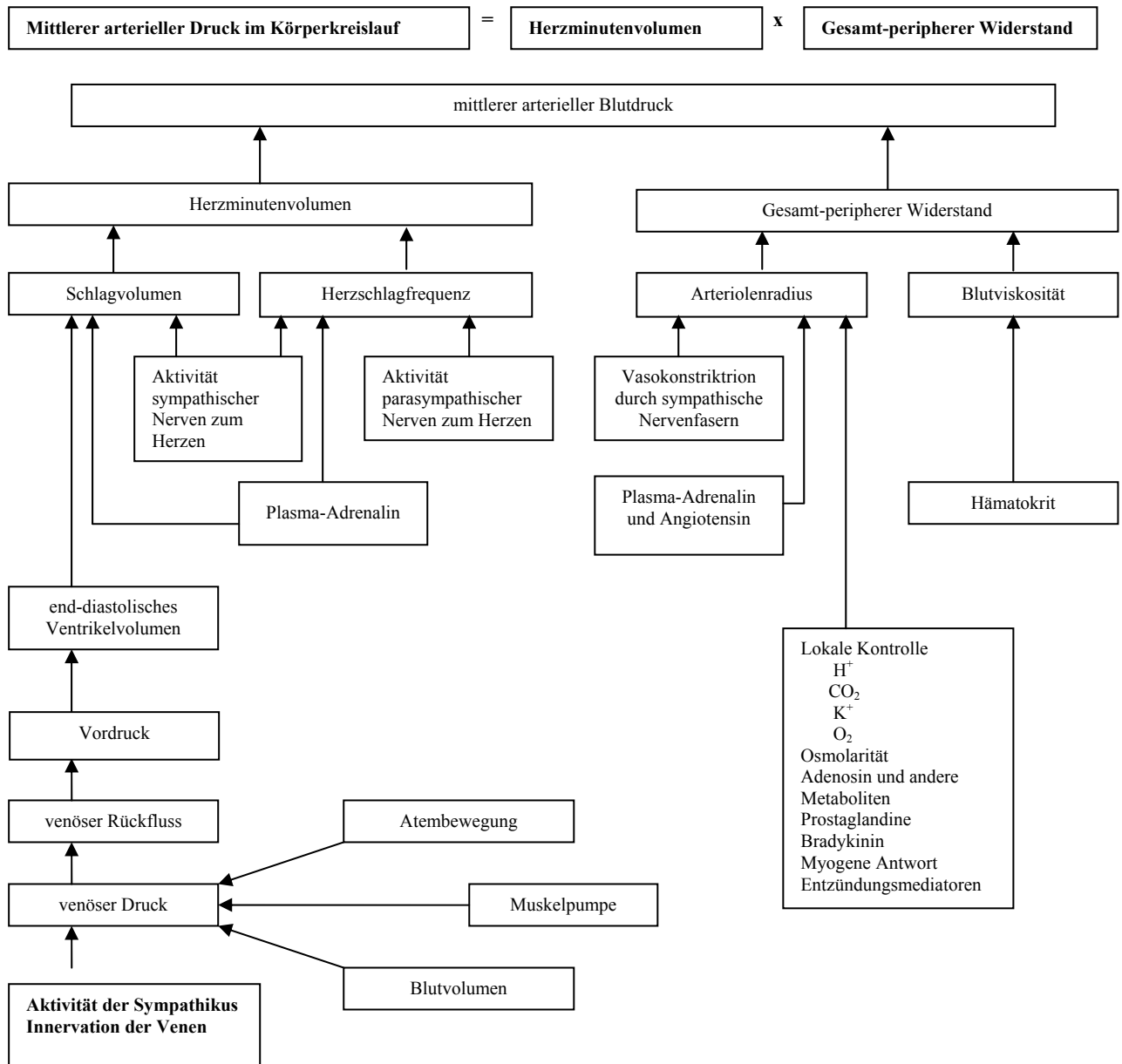
WERNER, J., E. SCHÄFFER, E. TRAUTVETTER (1977 a). "Zur unblutigen Blutdruckmessung an Haustieren. I. Methodik, Gerät, blutige Vergleichsmessungen, Manschettenbreiten und erste Messungen an Ratten und Rhesusaffen." Zentralbl. Veterinärmed. A (24): 229-241.

WERNER, J., E. TRAUTVETTER, E. SCHÄFFER (1977 b). "Zur unblutigen Blutdruckmessung an Haustieren. II. Normalwerte, veränderte Drucke und Meßpraxis." Zentralbl. Veterinärmed. **A** (24): 269-276.

WERNER, J. (1980). "Kritik dreier Methoden zur unblutigen Messung des Blutdruckes bei Tieren." Kleintierpraxis **25**: 485-494.

YPSILANTIS, P., V.N. DIDILIS, M. POLITOU, I. BOUGIOUKAS, G. BOUGIOUKAS, C. SIMOPOULOS (2005). "A comparative study of invasive and oscillometric methods of arterial blood pressure measurements in the anesthetized rabbit." Res. Vet. **78** (3): 269-275.

# 11 Anhang



**Abbildung 24:** Zusammenfassende Darstellung der an der Blutdruckregulation beteiligten Vorgänge (von ENGELHARDT, 2000).

**Tabelle 13:** Angaben aus der Literatur zur direkten Blutdruckmessung beim Rind

Autor	Untersuchte Tiere	Messort	Werte unkorrigiert (mmHg)			Werte auf Herzhöhe korrigiert (mmHg)		
			Blutdruck systolisch	Blutdruck diastolisch	mittlerer Blutdruck	Blutdruck systolisch	Blutdruck diastolisch	Mittlerer Blutdruck
Doyle et al., 1960	Kühe, adult	A. carotis						135
Kuida et al., 1961	Kälber (1-12 Mo)	A. carotis						131 ± 5
Olsen u. Booth, 1971	Holstein-Frisian Kühe	A. carotis	100-140	50-85				
Thielscher et al., 1980	Mastbullen liegend	Truncus bicaroticus bzw. A. brachio-cephalicus				132	95	
	stehend					107	68	
Semrad et al., 1986	Holstein Bullen und Ochsen (1,3 – 6 Jahre)	A. coccygealis	140 ± 8	93 ± 6				
Müller u. Goetze, 1987	Schwarzbunte Kühe (erwachsen)	Ast der A. auricularis caudalis	103 ± 13,5	62 ± 13	77 ± 11,2			
Klöpzig, 1990	laktierende Rinder	A. caudalis mediana				135 -150	67,5 – 82,5	105 – 135
Wagner et al., 1991	Holstein Kühe (3-9 Jahre)	A. auricularis						150 ± 27
Amory et al., 1992	Kälber (5,5-12 Mo)	rechte A. carotis				141,7 ± 9,8	91,9 ± 7,6	112,4 ± 6,1
Amory et al., 1993	männl. Holstein – Friesian Kälber bis 3 Mo	A. carotis communis				123,7 ± 2,9	79 ± 2,3	97,4 ± 2,3
	3-6 Mo					145,4 ± 1,8	91,8 ± 2,3	114,8 ± 1,9
	6-9 Mo					139,9 ± 0,9	88,5 ± 1,4	110,8 ± 1,1
	9-12 Mo					153,4 ± 2,7	94,3 ± 2,4	116,7 ± 1,9

**Tabelle 14:** Angaben aus der Literatur zur indirekten Blutdruckmessung beim Rind

Autor	Untersuchte Tiere	Methode	Messort	Werte unkorrigiert (mmHg)		Werte auf Herzhöhe korrigiert(mmHg)	
				Blutdruck systolisch	Blutdruck diastolisch	Blutdruck systolisch	Blutdruck Diastolisch
Brenner (1912)	Rinder verschiedenen Alters u. Geschlechtes	palpatorisch	zweihandbreit unter Schwanzansatz	218,33			
Götze (1920)	gesunde Rinder verschiedenen Alters	oszillometrisch	A. coccygea (Höhe 7.- 8. Schwanzwirbel)			106	60
Grauwiler et al. (1958)	Kühe	auskultatorisch	A. coccygea (direkt am Schwanzansatz)			129	101
Glen (1970)	anästhesierte Rinder	palpatorisch	Schwanz	120-160			
Förster (1976)	Mastkälber (ca. 35 Tage) Kalbin (ca. 1 <sup>3</sup> / <sub>4</sub> Jahr) Kuh (ca. 5 Jahre)	Ultraschall-Doppler	A. coccygea	121	61		
				114,4	84		
				143,2	94		
Sawazaki und Hirose (1976)	Kälber Kühe	Ultraschall-Doppler	A. caudalis	124 ± 4,2 145 ± 21	86 ± 6,5 99 ± 21,4		
Werner et al. (1977 a)	erwachsene Rinder	oszillometrisch	Schwanzansatz		95 ± 10		
Guillebeau (1979)	erwachsene Rinder	palpatorisch	Schwanz			143-146	
Guillebeau (1979)	erwachsene Rinder	Ultraschall-Doppler	Schwanz			162-166	

## Protokollblatt: indirekte Messung

Klinik-Nr.:	Alter:	Geschlecht:	Reaktion d. Tieres während der Messung:	Uhrzeit Versuchsbeginn:
	Gewicht (kg):			
	Rasse:			
	Körperkondition:			
Versuchstier-Nr.:	Art der Krankheit:		Handling:	Uhrzeit Versuchsende:
	Farbe der Manschette:			
	Umfang der Messstelle (cm): S:            Vgldm.:            Hgldm.:			
	Höhendifferenz Messstelle - Buggelenk (cm):			

Messort	Summe der Messungen	Dauer Messung (Uhrzeit: Beginn – Ende)	Nr. Messung	Messung stehend		Messung liegend		Puls- frequenz
				Blutdruck systolisch	Blutdruck diastolisch	Blutdruck systolisch	Blutdruck diastolisch	
Schwanz			1					
			2					
			3					
			4					
			5					
Vorderglied- maße			1					
			2					
			3					
			4					
			5					
Hinterglied- maße			1					
			2					
			3					
			4					
			5					

**Abbildung 25:** Protokollblatt für indirekte Messungen

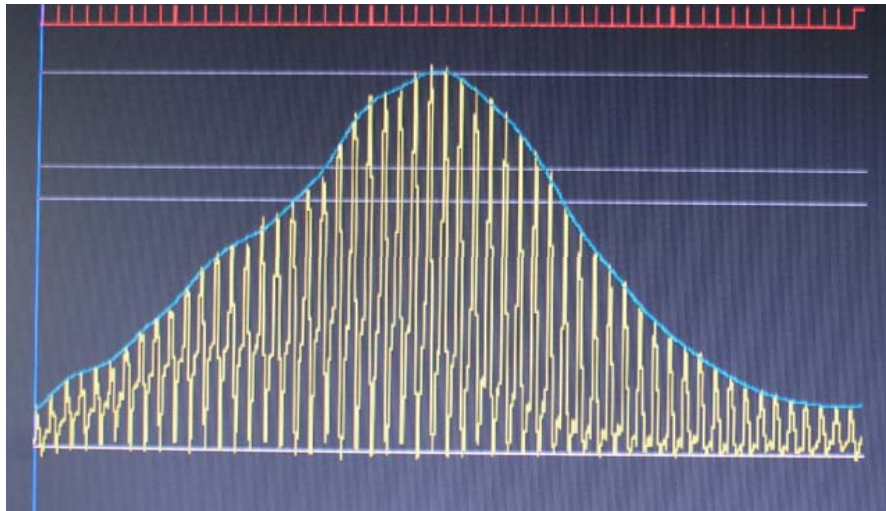


## Protokollblatt

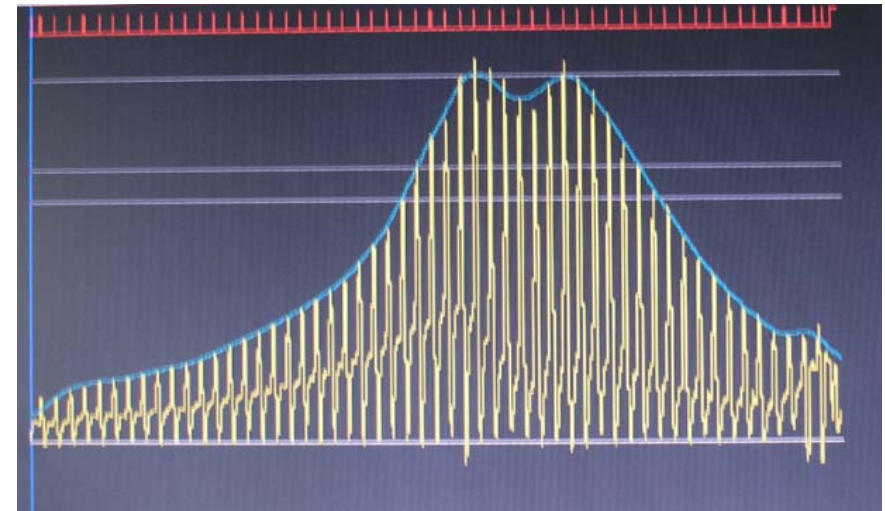
Klinik-Nr.:	Alter:	Rasse:	Reaktion d. Tieres während d. Messung:	Uhrzeit Versuchsbeginn:
	Gewicht (kg):	Geschlecht:		
	Körperkondition:			
Versuchstier-Nr.:	Art der Krankheit:		Handling:	Uhrzeit Versuchsende:
	Farbe der Manschette:			
	Umfang der Messstelle (cm)			
	S:            Vgldm.:            Hgldm.:			

Messort	Summe der Messungen	Dauer Messung (Uhrzeit: Beginn - Ende	Nr. Mess- ung	Messung direkt		Messung indirekt				Pulsfrequenz	
				Blutdruck systolisch	Blutdruck diastolisch	Blutdruck systolisch		Blutdruck diastolisch			
						Dis- Play	PC	Dis- play	PC	Dis- play	PC
Schwanz			1								
			2								
			3								
			4								
			5								
Vordergliedmaße			1								
			2								
			3								
			4								
			5								
Hintergliedmaße			1								
			2								
			3								
			4								
			5								

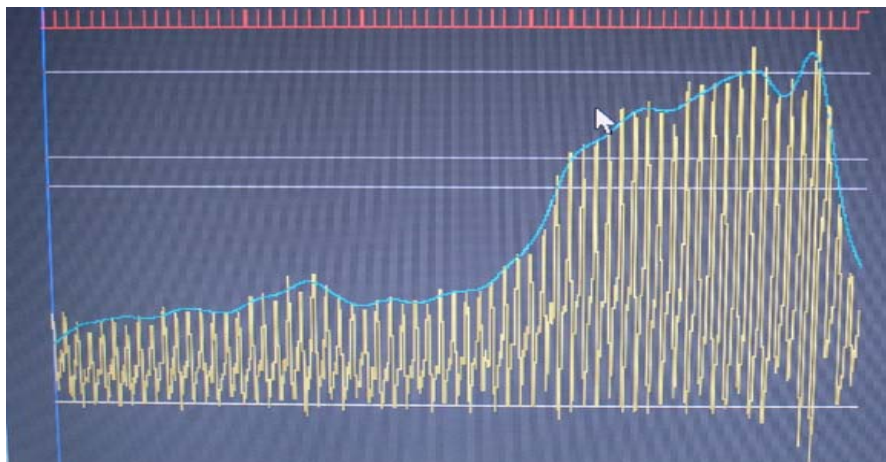
**Abbildung 26:** Protokollblatt für die vergleichende direkte-indirekte Messung



**Abbildung 27:** Guter Verlauf der Hüllkurve (Werte auf Display)

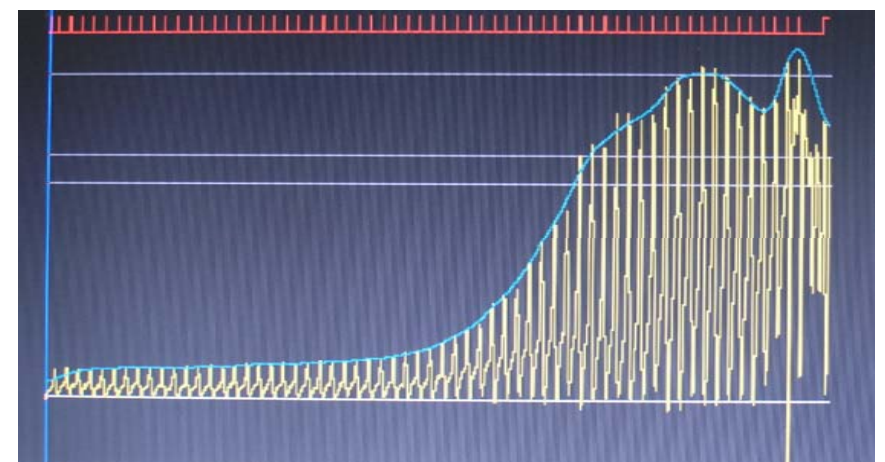


**Abbildung 28:** Guter Verlauf der Hüllkurve (Fehlermeldung auf Display)



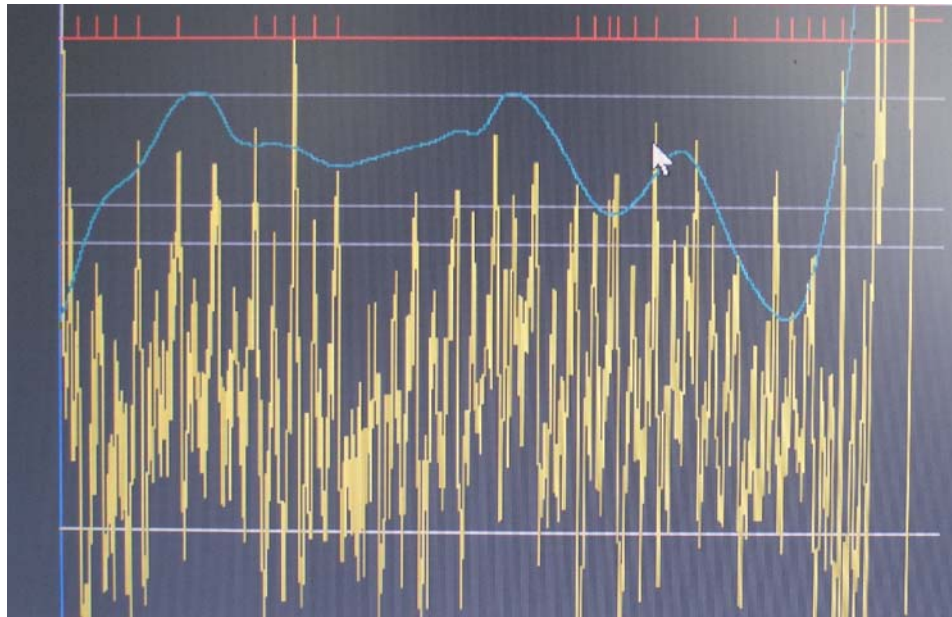
**Abbildung 29:** Mäßiger Verlauf der Hüllkurve (Werte auf Display)

(falsche Einstellung von Aufpumpdruck und minimaler linearer Ablassrate)

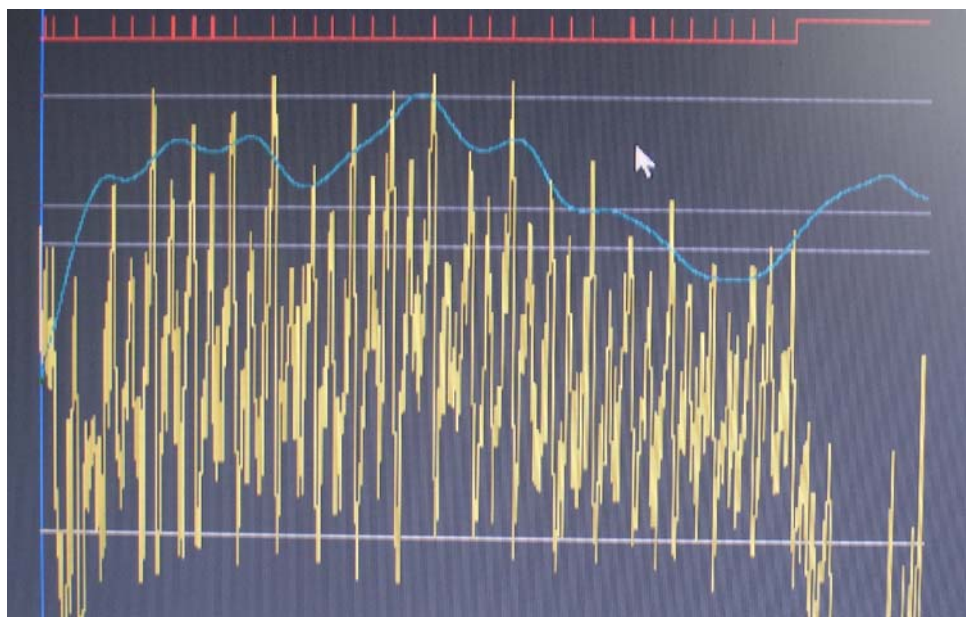


**Abbildung 30:** Mäßiger Verlauf der Hüllkurve (Fehlermeldung auf Display)

(siehe Abbildung 29)



**Abbildung 31:** Schlechter Verlauf der Hüllkurve (Werte auf Display)  
(nicht durch Bewegungsartefakte verursacht)



**Abbildung 32:** Schlechter Verlauf der Hüllkurve (Fehlermeldung auf Display)  
(schwankende Herzauswurfleistung?)

# 12 Lebenslauf

## **Persönliche Daten:**

Name: Rebecca Nadine Kuckenberg  
Geburtsdatum: 16. September 1977  
Geburtsort: Solingen  
Eltern: Ulrich Kuckenberg  
Elfe Kuckenberg, geb. Todtenbier  
Geschwister: Thomas Kuckenberg

## **Werdegang:**

Schulbildung: Sommer 1984 - 1988 Grundschule Westersburg, Solingen  
Sommer 1988 - 1997 Humboldtgynasium, Solingen  
Ausbildung: Juli 1997 - Juni 1999, Tierarzhelferin  
Tierärztl. Klinik am Kaiserberg, Dr. K. J. Saers  
Juni 1999 - Oktober 1999 Arbeit als ausgebildete TA-Helferin  
Studium: Oktober 1999 - Januar 2005, Tiermedizin, LMU München  
Approbation: März 2005  
Promotion: seit April 2005, LMU München,  
Lehrstuhl für Innere Medizin und Chirurgie der Wiederkäuer  
Im Rahmen dieser Dissertation: Absolvierung eines Internships

## **Berufsbezogene Tätigkeiten:**

07. 2006 bis  
April 2007 regelmäßige Mitarbeit mit alleiniger Führung des  
Großtiersektors und der Kleintiersprechstunde in der  
tierärztlichen Praxis Dr. J. Eisenrieder, Mainburg  
seit Mai 2007- Anfangsassistentin in der tierärztlichen Praxis Dr. J. Einhellig,  
Hengersberg

## 13 **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die am Zustandekommen dieser Arbeit beteiligt waren.

Herzlich bedanken möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. W. Klee für die Überlassung dieses Themas und die freundliche Unterstützung bei der Anfertigung der Arbeit.

Ich danke Herrn Dr. M. Metzner für seine fachliche und nette Unterstützung bei der Betreuung dieses Projektes.

Bei Frau Dr. C. Sauter-Louis bedanke ich mich ganz herzlich für die Mithilfe bei der statistischen Auswertung.

Danke der Firma S + B medVet GmbH, Babenhausen für die freundliche Überlassung des Gerätes und die Beratung.

Allen Mitarbeitern der Klinik für Wiederkäuer sei herzlich gedankt für ihre Hilfsbereitschaft beim praktischen Teil der Dissertation.

Ebenso danke ich meinen Mitdoktoranden Martina Amberger, Anke Reisse und Marion Westermeier für die gute Zusammenarbeit, die Freundschaft und die tolle (oft sehr lustige) Zeit in der Klinik.

Danke auch Herrn Dr. J. Einhellig und Frau Dr. U. Liptai, dafür dass sie mir so oft den Rücken freigehalten und mir die Zeit gegeben haben die Arbeit zu beenden.

Schließlich möchte ich mich besonders herzlich bei meinen Eltern bedanken, die mir mein Studium und diese Arbeit ermöglicht und mich immer bedingungslos unterstützt haben.

Nicht zuletzt möchte ich meinem Lebensgefährten Klaus Ziegler von ganzem Herzen danken, der mich bei der Erstellung dieser Arbeit uneingeschränkt und geduldig unterstützt und immer wieder Mut zugesprochen hat.